

**ВЕСТНИК**  
**МОСКОВСКОГО ФИНАНСОВО-ЮРИДИЧЕСКОГО**  
**УНИВЕРСИТЕТА МФЮА**

**№1 2012**

Москва  
2012

# ВЕСТНИК Московского финансово- юридического университета МФЮА

Herald of the Moscow  
university  
of finances  
and law MFUA

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-46273  
от 24. 08. 2011

ISSN 2224-669X

№ 1 2012

Издается с 2011 г.  
Выходит 4 раза в год

**Учредители:**  
Аккредитованное образовательное частное учреждение высшего профессионального образования «Московский финансово-юридический университет МФЮА», Аккредитованное негосударственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский университет государственного управления»

**Адрес редакции:**  
117447, г. Москва,  
ул. Б. Черемушкинская,  
д. 17А, стр. 6

**Интернет-адрес:**  
<http://www.mfua.ru>  
E-mail: vestnik@mfua.ru

Журнал распространяется  
через каталог НТИ ОАО «Агентство  
«Роспечать»» (индекс 66053),  
а также путем прямой  
редакционной подписки

**Отдел рекламы и подписки:**  
Тел.: 8-499-126-96-77, доб. 2023  
E-mail: vestnik@mfua.ru

## Главный редактор

А.Г. Забелин  
доктор экономических наук, профессор,  
член-корреспондент РАО,  
Почетный работник высшего профессионального образования РФ, председатель Совета Российской ассоциации аккредитованных учебных заведений, председатель Ассоциации негосударственных средних специальных учебных заведений.

## Заместитель главного редактора

И.А. Горюнов  
E-mail: Goryunov.I@mfua.ru

## Редакционный совет:

д-р юрид. наук, проф. А.В. Абсаямов  
д-р экон. наук, проф. А.В. Бузгалин  
д-р экон. наук, проф. А.В. Колганов  
д-р пед. наук, проф. О.И. Коломоков  
д-р юрид. наук, доц. Н.Н. Куняев  
д-р техн. наук, проф. Г.А. Минаев  
канд. техн. наук, доц. О.А. Забелин  
канд. пед. наук, доц. Г.А. Забелина  
канд. экон. наук С.А. Забелина  
канд. соц. наук, проф. Е.Г. Калинин  
канд. экон. наук, доц. Н.Г. Яковлева

## Редакционная коллегия:

канд. экон. наук С.А. Алексеева  
канд. юрид. наук, доц. О.Р. Афанасьева  
канд. физ.-мат. наук, доц. А.Ю. Байков  
канд. экон. наук Н.А. Вершинина  
канд. экон. наук А.Ю. Евсеева  
канд. экон. наук, доц. И.В. Евсеева  
канд. юрид. наук Н.В. Елизарова  
канд. юрид. наук, доц. Л.В. Зарапина  
канд. юрид. наук Е.А. Селезнева  
канд. техн. наук А.П. Титов  
канд. экон. наук, доц. С.С. Фешина  
канд. экон. наук, доц. В.Г. Шийко  
канд. филол. наук О.В. Юдина

© Московский финансово-юридический университет  
МФЮА

# СОДЕРЖАНИЕ

А.Ю. Байков  
Математика, информатика, естествознание в экономике и в обществе .....7

## МАТЕМАТИКА

Г.М. Антонова  
Эволюция терминов «черный ящик» и «серый ящик» .....16  
В.В. Ивлев, Е.М. Архипова  
Интегрируемые комбинации в системах линейных дифференциальных уравнений .....20  
И.Н. Статников, Г.И. Фирсов  
Решение задач проектирования динамических систем интеллектуальным методом ПЛП-поиска .....28  
В.Ф. Шириков, С.М. Зарбалиев  
Об одном способе осреднения гидродинамических моделей при исследовании биологических систем .....34

## ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В.В. Арутюнов  
Спам: история возникновения и противодействие его распространению .....44  
К.Н. Колюцкий  
Нейросетевой подход выявления аномалий в информационной системе .....49  
А.П. Титов, Е.П. Лебедева  
Динамика и прогноз развития электронного государства Российской Федерации .....53  
Ю.Е. Ульянова  
Современные тенденции в развитии справочных правовых систем .....60

## ФИЗИКА, ТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА

А.Ю. Байков, О.А. Грушина, М.Н. Стриханов, А.А. Тищенко  
Влияние пространственного заряда на процесс группирования в клистроне в рамках «приближения замороженного пучка» .....68  
А.Ю. Байков, О.А. Грушина, М.Н. Стриханов, А.А. Тищенко  
Компьютерное моделирование зависимости максимального КПД от коэффициента усиления в двухрезонаторном клистроне .....77  
Н.Н. Комова  
Особенности поведения биологических клеток в магнитных полях .....84  
Е.Ф. Баранов, О.С. Кочетов  
Методы снижения шума промышленных пылесосов .....91  
А.А. Локтев, В.В. Вершинин  
Система противоударной изоляции с вязкоупругими элементами .....99  
М.С. Гичян  
Моделирование потока загрязнения среды типа «Вода – Дно» .....108  
В.А. Матисон, С.А. Тихомиров, О.С. Кочетов  
Звукоизолирующие ограждения для производственного оборудования .....117  
В.В. Стеценко  
Определение фазовой ошибки, вносимой волноводным трактом .....124

## БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

<i>Д.А. Белов</i> Биологические особенности комплекса минирующих насекомых в насаждениях Москвы.....	130
<i>Н.В. Соловьева</i> Математическое моделирование экологического риска шельфовых экосистем .....	136
<i>М.О. Стареева, О.С. Кочетов</i> Процедуры оценки экологических рисков.....	144
<i>М.Ю. Худошина, О.В. Бутримова</i> Разработка комплексного критерия оценки вариантов экологически обоснованного выбора смазочно-охлаждающих технологических средств.....	149

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

<i>А.М. Авдеенко</i> Оптимальное управление пакетами финансовых инструментов на рынке Форекс.....	156
<i>Е.Б. Бояршинова, С.П. Насельский</i> Применение корреляционного анализа для исследования эстетических предпочтений киноаудитории .....	161
<i>Д.В. Гордиенко</i> Уровень экономической безопасности Восточной Сибири и Забайкалья .....	168
<i>И.Ф. Цисарь</i> Имитационный анализ кризисов перепроизводства .....	179
<i>Д.В. Грехов</i> Экономико-математическое моделирование управления затратами военного госпиталя.....	184
<i>М.С. Силина</i> Управление рисками эмитента государственных ценных бумаг на примере рынка облигаций городского облигационного (внутреннего) займа города Москвы.....	191
<i>Л.С. Соколова</i> Теоретические основы информационно-аналитического обеспечения социально-ориентированной модели управления эффективностью .....	197
<i>Г.Е. Шепитько, Е.С. Васильев</i> Категорирование баз персональных данных .....	203

## МЕТОДОЛОГИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

<i>В.В. Арутюнов</i> О спецкурсах для студентов – будущих специалистов в области защиты информации ...	208
<i>И.И. Медведев</i> Интернет – помощник преподавателя в борьбе с плагиатом .....	212
<i>Г.Е. Шепитько</i> Теоретические вопросы методологии защиты объектов информатизации .....	216

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

<i>Д.Е. Бабурин</i> Все «за» и «против» использования аутсорсинга в армии .....	222
<i>В.М. Шаповалов, Ю.В. Прус</i> О новых формах общественного протеста и альтернативного правосудия в условиях информационного общества.....	228

## CONTENTS

<i>A. Yu. Baikov</i> Mathematics, computer science, natural sciences in economy and in the society.....	7
--	---

## MATHEMATICS

<i>G.M. Antonova</i> The evolution of terms «black box» and «grey box» .....	16
<i>V.V. Ivlev, E.M. Arkhipova</i> Integrable combinations in systems of linear differential equations.....	20
<i>I.N. Statnikov, G.I. Firsov</i> Solution of the problems of the dynamical systems design of intellectual methods of the PLP-search .....	28
<i>V.F. Shirikov, S.M. Zarbaliev</i> On a Method of Averaging Hydrodynamics Models by Investigating Biological Systems .....	34

## COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY

<i>V.V. Arutyunov</i> Spam: the history and counteraction to the spread .....	44
<i>K.N. Kolucki</i> Neuronet approach for detection anomalies in information system.....	49
<i>A.P. Titov, E.P. Lebedeva</i> Dynamics and forecast of development of the E-Government of Russian Federation .....	53
<i>U.E. Ulyanova</i> Modern trends in system of JUS .....	60

## PHYSICS, ENGINEERING, ELECTRONICS

<i>A.Ju. Bajkov, O.A. Grushina, M.N. Strikhanov, A.A. Tishchenko</i> Space charge influence on a klystron bunching process in the frames of «froze beam approach» .....	68
<i>A.Ju. Bajkov, O.A. Grushina, M.N. Strikhanov, A.A. Tishchenko</i> Computer simulation of the maximum efficiency on the gain factor dependence of the two cavity klystron.....	77
<i>N.N. Komova</i> The behavior of biological cells in magnetic fields .....	84
<i>E.F. Baranov, O.S. Kochetov</i> Methods of decrease in noise of industrial vacuum cleaners .....	91
<i>A.A. Loktev, V.V. Vershinin</i> The shockproof isolation systems with viscoelastic elements .....	99
<i>M.S. Gichjan</i> Simulation of a contamination stream of the «water-bottom» type medium.....	108
<i>V.A. Matison, S.A. Tihomirov, O.S. Kochetov</i> Soundproofing protections for the industrial equipment .....	117
<i>V.V. Stetsenko</i> The phase error determination for a rectangular waveguide .....	124

## BIOLOGY AND ECOLOGY

<i>D.A. Belov</i> Biological features of the complex leaf-mining insects in stands of Moscow.....	130
<i>N.V. Solov'eva</i> Mathematical modeling of ecological risk of the shelf ecosystem .....	136
<i>M.O. Stareeva, O.S. Kochetov</i> Procedures of the estimation of ecological risks .....	144
<i>M.Y. Hudoshina, O.V. Butrimova</i> Development of complex criterion of the estimation of variants of ecologically well-founded choice of cooling technological means .....	149

## MATHEMATICAL MODELING OF ECONOMIC AND SOCIAL PROCESSES

<i>A.M. Avdeenko</i> Optimal package management of financial instruments in the Forex market .....	156
<i>E.B. Boyarshinova, S.P. Naselsky</i> Applied of correlation analysis for rechner aesthetic preferences movie audience's.....	161
<i>D.V. Gordienko</i> Economic safety rate of east's Siberian's and Zabaikal's.....	168
<i>I.F. Cisar</i> Overproduction crisis simulation analysis .....	179
<i>D.V. Grekhov</i> Economic-mathematical modeling of management by expenses of military hospital.....	184
<i>M.S. Silina</i> Risk management government of the issuer Securities in the case of the municipal bond market bonds (domestic) the loan of Moscow.....	191
<i>L.S. Sokolova</i> Theoretical bases of information-analytical maintenance of the socially-focused model of management of efficiency .....	197
<i>G.E. Shepitko, E.S. Vasiliev</i> Categorization of personal data databases .....	203

## METHODOLOGY OF THE STUDY

<i>V.V. Arutyunov</i> About courses for the students – future specialists in the field of data security .....	208
<i>I.I. Medvedev</i> Internet is the teacher's assistant in the fight against plagiarism.....	212
<i>G.E. Shepitko</i> Some theoretical questions of information objects protection methodology.....	216

## THE SOCIO-ECONOMIC PROBLEMS

<i>D.E. Baburin</i> All pro and contra use outsourcing in armies .....	222
<i>Yu.V. Prus, V.M. Shapovalov</i> About new forms of the public protest and alternative justice in the conditions of an information society.....	228

УДК 001.6

## МАТЕМАТИКА, ИНФОРМАТИКА, ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ В ЭКОНОМИКЕ И В ОБЩЕСТВЕ

*А.Ю. Байков,*  
*канд. физ.-мат. наук,*  
*Московский финансово-юридический университет МФЮА*  
*E-mail: Baikov.A@mfua.ru*

**Аннотация.** В статье обсуждаются итоги прошедшей в МФЮА научно-практической конференции «Математика, информатика, естествознание в экономике и в обществе» (МИЕСЭКО). Дается краткий обзор наиболее интересных работ, представленных на конференции МИЕСЭКО, начиная с 2005 года.

**Ключевые слова:** научно-практическая конференция, математическое моделирование, информационные технологии.

**Abstract.** Main objectives and problems of the scientific-practical conference «Mathematics, computer science, natural sciences in economy and in a society», MCNECO are discussed. The short review of the most interesting works presented at conference MCNECO, since 2005 is given.

**Keywords:** scientific-practical conference, mathematical modeling, information technologies.

Ежегодная научно-практическая конференция «Математика, информатика, естествознание в экономике и в обществе» проводилась в декабре 2011 г. в шестой раз.

История конференций МИЕСЭКО началась в 2005 г., когда по инициативе руководства МФЮА, кафедры общих математических и естественно-научных дисциплин МФЮА и группы ведущих российских ученых в области моделирования сложных систем была организована и проведена первая конференция МИЕСЭКО-2005.

Главная цель конференции состояла в том, чтобы организовать обмен научными знаниями между различными научными направлениями, связанными с математическим моделированием сложных систем, с исследованием различных процессов как в технических, так и в социально-экономических системах, а также в области математических

методов, информационных технологий и методологии обучения. Очень часто оказывается, что методы исследования, разработанные в одной предметной области, можно с минимальными изменениями применить в другой области, причем, с очень высокой эффективностью. Не случайно многие открытия делаются на стыке наук, формируя новые научные направления.

Для поддержания такого процесса развития науки необходим обмен научной информацией, идеями и методами исследования между учеными из разных областей и направлений. Именно для этой цели и была организована конференция МИЕСЭКО.

Следует сказать, что идею организации такой конференции поддержали ведущие российские ученые, так, с приветственным словом к участникам первой конференции МИЕСЭКО-2005 обратился член Президиума Российской академии наук, академик Ю.В. Гуляев [1].

Приведем краткий анализ работы секций конференций МИЕСЭКО, выделив наиболее интересные циклы работ, которые представляются на протяжении ряда лет и наиболее интересные доклады, сделанные в этом году.

**Секция «Математика».** Основой синтеза различных научных направлений в области моделирования сложных систем является единый математический язык описания различных явлений и процессов. Именно поэтому одной из основных секций конференции стала секция «Математика». За годы проведения конференций МИЕСЭКО в рамках этой секции представлены и обсуждены новые научные результаты, например, в цикле работ [2; 3], выполненных под руководством проф. Ивлева В.В., предложен новый метод свертки детерминантов, на основе которого модифицирован критерий Сильвестра. В работах [4; 5] доц. Зарбалиева С.М. и проф. Ширикова В.Ф. развиты авторские методы исследования случайных процессов. Из представленных в 2011 году работ хотелось бы отметить доклад проф. Ивлева В.В., доц. Архиповой Е.М. «Интегрируемые комбинации в системах линейных дифференциальных уравнений», в котором обобщен и строго обоснован метод интегрируемых комбинаций для решения систем линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

**Секция «Информатика и информационные технологии».** Движение к синтетическому знанию в современном мире происходит на единой информационной платформе, включающей глобальную сеть

Интернет и все связанные с ней информационные ресурсы и технологии. Глобальная информационная среда делает всю научную информацию общедоступной, обеспечивая и доступ к различным источникам, и активный информационный обмен в виде общения ученых на специализированных форумах и чатах. Из работ, представленных на секцию «Информатика и информационные технологии» в предыдущие годы, следует отметить доклады [6; 7] представителей крупнейших ИТ-корпораций о состоянии и перспективах развития различных информационных ресурсов и технологий. В этом году можно отметить очень интересный доклад Колюцкого К.Н. «Нейросетевой подход выявления аномалий в информационной системе».

**Секция «Физика, техника, электроника»** посвящена математическому моделированию сложных технических систем. Из докладов, представленных ранее в этой секции, можно выделить цикл работ [8; 9; 10], посвященных квантовой электродинамике, и цикл работ [11; 12; 13; 14], в которых представлена математическая модель мощных и сверхмощных СВЧ-усилителей – многорезонаторных клистронов. Эта серия работ продолжилась и в этом году. Кроме того, очень интересным представляется доклад д-ра физ.-мат. наук Локтева А.А., Вершинина В.В. «Система противударной изоляции связкоупругими элементами».

**В секции «Биология и экология»** рассматриваются проблемы моделирования различных биологических и экологических систем. В этой секции следует выделить цикл работ [15; 16; 17; 18] под руководством проф. Худошиной М.Ю., посвященных экологическим аспектам работы промышленных предприятий и выполненных на стыке экологии, математического моделирования и информационных технологий. Очень интересен также цикл работ [19; 28; 21] д-ра физ.-мат. наук Соловьевой Н.В., посвященных исследованию и моделированию шельфовых экосистем. В этом году можно отметить очередной доклад этого цикла «Математическое моделирование экологического риска шельфовых экосистем».

**Секция «Математическое моделирование экономических и социальных процессов»** – это центральная секция конференции, на которую традиционно подается наибольшее количество докладов. Многие работы, представленные в этой секции, выполнены на стыке математического моделирования, экономики, социологии. Здесь можно отметить цикл докладов [22; 23; 24; 25] д-ра воен. наук Гордиенко Д.В.,

посвященных построению математической модели безопасности больших социально-экономических систем, включая государство в целом, на основе комплексных критериев безопасности. В этом году хотелось бы выделить доклад проф. Авдеенко А.М. «Оптимальное управление пакетами финансовых инструментов на рынке Форекс».

**Секция «Методология учебного процесса».** Наука – это часть единого научно-образовательного процесса, отделить науку от образования невозможно. Участники конференции МИЕСЭКО – это в большинстве своем преподаватели вузов – профессора, доценты, а также аспиранты и студенты старших курсов. Вопросы образования для них очень близки и актуальны. Поэтому на данную секцию приходит много интересных работ, можно отметить, например, работы [26; 27; 28]. В этом году хотелось бы обратить внимание на доклад проф. Шепитько Г.Е. «Теоретические вопросы методологии защиты объектов информатизации» и на доклад проф. Арутюнова В.В. «О спецкурсах для студентов – будущих специалистов в области защиты информации».

**Секция «Социально-экономические проблемы»** – это новая секция, которая впервые была организована в этом году на конференции МИЕСЭКО-2011. Следует отметить, что и на прошлые конференции приходило много интересных работ, в которых рассматривалась постановка той или иной социально-экономической проблемы. Для такой проблемы может быть еще не построена математическая модель, но сама постановка задачи вызывает интерес и требует обсуждения. Ранее такие работы относились обычно к секции «Математическое моделирование экономических и социальных процессов». В этом году по решению оргкомитета для таких докладов была создана отдельная секция. Одним из наиболее ярких докладов, представленных на эту секцию, стал доклад старшего научного сотрудника Шаповалова В.М. и проф. Пруса Ю.В. «О новых формах общественного протеста и альтернативного правосудия в условиях информационного общества».

Электронные публикации сборников трудов всех прошедших конференций МИЕСЭКО размещены на сайте [29].

Все работы, представленные в этом году на конференцию МИЕСЭКО-2011, прошли рецензирование, причем каждую работу независимо оценивали несколько рецензентов (от 2 до 5). Работы, получившие наиболее высокие оценки, были выделены из секций и включены в программу конференции как пленарные доклады [29].

Рубрики настоящего выпуска журнала соответствуют секциям конференции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев Ю.В. Приветствие участникам международной научно-практической конференции «Математика, информатика, естествознание в экономике и в обществе» // Труды международной научно-практической конференции МИЕСЭКО-2005. – М., 2005.
2. Ивлев В.В., Архипова Е.М. Об одной свертке матриц и определителей // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2009. Том 1. – М., 2009.
3. Ивлев В.В. Модификация критерия Сильвестра в задачах на экстремум. // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2010. – М., 2010.
4. Шириков В.Ф., Зарбалиев С.М. Асимптотическое поведение распределения вероятностей первого пересечения прямой линии интегралом от винеровского процесса // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2006. – М., 2006.
5. Шириков В.Ф., Зарбалиев С.М. К оценке вероятностных характеристик случайных процессов // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2007. – М., 2007.
6. Сошников Д.В. Некоторые аспекты и тенденции влияния современных информационных технологий на экономику и общество // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2006. – М., 2006.
7. Камынин В.Л., Ульянова Ю.Е. Место и роль справочных правовых систем (СПС) в современном обществе // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2010. – М., 2010.
8. Астапенко В.А. Фазовый контроль светоиндуцированных процессов в бихроматическом лазерном поле // Труды международной научно-практической конференции МИЕСЭКО-2005. – М., 2005.
9. Астапенко В.А., Арустамян М.Г. Возбуждение атома бихроматическим излучением в присутствии электрического поля // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2006. – М., 2006.
10. Астапенко В.А. Взаимодействие сверхкоротких лазерных импульсов с двухуровневой системой // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2007. – М., 2007.

11. Байков А.Ю. Математическое моделирование мощных и сверхмощных резонаторных приборов О-типа // Труды международной научно-практической конференции МИЕСЭКО-2005. – М., 2005.

12. Байков А.Ю. Трансформация электронного пучка в узкой трубе // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2006. – М., 2006.

13. Байков А.Ю., Грушина О.А. Реакция электронного пучка в узкой трубе на полигармонические и непериодические возмущения // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2009. Том 1. – М., 2009.

14. Байков А.Ю., Грушина О.А. Исследование группирования электронного пучка в клистроне на основе ПЗП-решения // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2010. – М., 2010.

15. Худошина М.Ю., Бутримова О.В. Повышение экологического качества производства за счет усовершенствования очистки смазочно-охлаждающих технологических средств // Труды международной научно-практической конференции МИЕСЭКО-2005. – М., 2005.

16. Худошина М.Ю., Бутримова О.В. Применение базы данных по смазочно-охлаждающим технологическим средствам при проектировании технологических процессов // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2007. – М., 2007.

17. Карпова М.А., Худошина М.Ю. Методика расчета и снижения выхода оксида азота при воздушно-плазменной резке. // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2009. Том 1. – М., 2009.

18. Худошина М.Ю., Воронина М.П. Минимизация экологического воздействия при механической обработке на машиностроительном предприятии // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2010. – М., 2010.

19. Соловьева Н.В., Лобковский Л.И. Эколого-экономический мониторинг нефтяных разработок шельфа на основе математического моделирования // Труды международной научно-практической конференции МИЕСЭКО-2005. – М., 2005.

20. Соловьева Н.В. Математическое моделирование шельфовых экологических систем с применением данных дистанционного зондирования // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2006. – М., 2006.

21. Соловьева Н.В. Подходы к исследованию чувствительности модели экосистемы шельфа к вариациям ее параметров // Труды международной научно-практической конференции МИЕСЭКО-2007. – М., 2007.

22. Гордиенко Д.В. Проблемы интегральной оценки экономической безопасности государства // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2006. – М., 2006.

23. Гордиенко Д.В. Интегральная оценка экономической безопасности развитых государств мира // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2007. – М., 2007.

24. Гордиенко Д.В. Перспективы экономического развития и повышения уровня экономической безопасности России // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2009. Том 2. – М., 2009.

25. Гордиенко Д.В. Мировой финансово-экономический кризис и его влияние на уровень экономической безопасности России. // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2010. – М., 2010.

26. Делия В.П. Спонтанные инновации в проведении практических занятий // Труды международной научно-практической конференции МИЕСЭКО-2005. – М., 2005.

27. Савельев В.С., Ибатуллин Р.У. Некоторые аспекты преподавания дисциплины «Концепции современного естествознания» // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2007. – М., 2007.

28. Архипова Е.М. Технологический подход к проектированию курса «Математический анализ» для студентов экономических специальностей // Труды всероссийской научно-практической конференции МИЕСЭКО-2007. – М., 2007.

29. <http://conf.mfua.ru/>

---

# **МАТЕМАТИКА**

---



УДК 004.3

## ЭВОЛЮЦИЯ ТЕРМИНОВ «ЧЕРНЫЙ ЯЩИК» И «СЕРЫЙ ЯЩИК»

Г.М. Антонова,  
д-р техн. наук,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: gmant@ipu.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается современная трактовка основных терминов кибернетики. Названия «черный ящик» (black box) и «серый ящик» (grey box) были введены, чтобы подчеркнуть, что новая наука использует новые подходы для изучения сложных объектов и, благодаря этому, добивается новых результатов. Развитие приемов и методов конкретных дисциплин, развившихся в рамках кибернетики, привело к изменению трактовки этих терминов и уточнило понятие «знания об объекте».

**Ключевые слова:** кибернетика, обработка информации, идентификация.

**Abstract.** Modern interpretation of basic terms of cybernetics done by cybernetics founders is considered. The names «black box» and «grey box» were introduced for declaration about new methods of new science, about new possibilities and new revolution results. Progress of methods of separate discipline, created within cybernetics, produced a change of interpretation of this terms and more precise a conception of empirical knowledge.

**Keywords:** cybernetics, data mining, identification theory.

Термин «черный ящик» ввел в научный оборот в 1956 г. Уильям Росс Эшби в широко известной работе «Введение в кибернетику» [1, 128–129]. Под этим термином понималось представление исследователя о системе, устройстве которой неизвестно, однако известно, как эта система реагирует на внешние воздействия. Таким образом, при подаче на вход вектора параметров  $x$  на выходе исследователь будет наблюдать вектор значений отклика  $y$ . Терминология описания «черного ящика» достаточно разнообразна. Иногда говорят о входных и выходных параметрах, иногда о входных параметрах и значениях показателей или кри-

териев. Если черному ящику ставят в соответствие сложную функцию, то под значением вектора  $y$  понимают значения функции и т.п. Термин «черный ящик» использовался в 1940-х гг. в работах, связанных с авиационной техникой и означал различные элементы оборудования самолета. В основу принятого определения положено отсутствие знаний о структуре объекта и механизмах, преобразующих входные значения в выходные.

Современные определения понятий «черный ящик», «серый ящик» в учебниках по основам кибернетике и в популярной Интернет-энциклопедии Википедия незначительно изменились по сравнению с первоисточником. Например, в словаре Яндексa [2] указано: «**ЧЕРНЫЙ ЯЩИК**» [black box] – понятие кибернетики, с помощью которого пытаются справиться с трудностью изучения *сложных систем*. Представление системы в виде «черного ящика» означает, что при настоящем уровне наших знаний мы не можем проникнуть внутрь данной системы (или подсистемы) и разобраться, каковы внутренние закономерности, преобразующие ее *входы* в *выходы*. Однако мы можем изучать *поведение* этих входов и выходов, т.е. зависимость изменений на выходе от изменений на входе. Статистический многократный учет таких изменений позволяет открыть закономерные взаимозависимости между поведением входов и выходов и предвидеть поведение системы в будущем, а также управлять ею».

Однако жизнь не стоит на месте. В теории идентификации появилась необходимость вложить в эти термины новое содержание. Представляет интерес отличие этого содержания от подхода классиков. Например, в работе Prot O., Mercere G. [3] решается задача оценки параметров модели с использованием методов градиентной оптимизации. Целью работы служит описание методов поиска начального приближения, т.е. «инициализация» модели. Авторы решают проблему преобразования модели черного ящика в структурированную согласно выбранному пространству состояний реализацию. При этом обсуждение сопровождается формализованным описанием, в котором коэффициенты модели преобразуются в функции от параметров системы. Далее выполняется оценка, а постановка задачи начинается с указания на динамическую модель серого ящика, которая, исходя из контекста, получена на основе модели черного ящика, параметры которой представлены как неизвестные функции. Можно объяснить такое отношение к базовому определению черного ящика, принятому в уважаемой теории, тем, что

в теории автоматов это понятие также широко используется, но автомат, с которым можно обращаться как с черным ящиком, формализован и реализует заданный оператор.

Четкое определение дается в диссертации [4, 2]. «The construction of mathematical models of real systems has a long history. In many cases, physical knowledge about the underlying system exists, but the knowledge is insufficient to construct a complete mathematical model. However, measurement data from the system can be usually be obtained to assist the modeling procedure. Constructing mathematical models by combining physical modeling with experimental data is termed grey-box modeling».

В диссертационной работе подробно рассматриваются методы определения параметров для нескольких примеров теоретических моделей, названных автором моделями типа «черный ящик». Описываются разнообразные подходы и приводятся оценки точности моделирования. После получения значений коэффициентов автор считает полученные модели уже «серыми ящиками». Приводимые в диссертационной работе алгоритмы и методы оценки числовых коэффициентов относятся к области «grey-box modeling». Этот термин удобен, он получил право на жизнь не только в рассмотренных работах, но и во многих других, и исследователи будут применять его, не задумываясь об его истории.

Резюмируя вышеизложенное, приходим к выводу, что «черный ящик», который с точки зрения У.Р. Эшби был черен для исследователей из-за полного отсутствия сведений о нем, для современных исследователей черен из-за неумения рассчитать значения выходов, соответствующих установленным входам, т.е. из-за незнания конкретных значений коэффициентов зависимости, форма которой определена на предыдущих стадиях исследований и не вызывает сомнений. Конечно, нет особого смысла без конца повторять и описывать проделанные ранее эксперименты и полученные ранее результаты. Однако, количество оттенков «серого ящика», содержащего описание неизвестного объекта, у такого определения значительно сокращается. По сути дела под оттенками «серого ящика» понимается разнообразие методов оценки коэффициентов зависимостей определенных в общем виде (параметрическая идентификация), а не уточнение вида зависимостей и оценка коэффициентов, т.е. объединение непараметрической и параметрической идентификации во всей полноте и сложности их взаимодействия.

Таким образом, если использовать толкование новых знаний как знаний, позволяющих путем расчета и преобразований самостоятельно

получить по значениям входных переменных значения выходных переменных для объекта, названного серым ящиком, то приходится признать, что новая трактовка в общих чертах не меняет исходного определения. Знание вида функции, связывающей вход и выход черного ящика и имеющей неизвестные коэффициенты, не дает возможности определения числовых значений выходных величин. Ящик остается черным. После определения числовых значений коэффициентов функции связи входа и выхода расчет позволяет определить выходные величины и превратить черный ящик в серый. Остается неучтенным только главный аспект определения У.Р. Эшби – восприятие человеком нового для него объекта, о котором известно только наличие измеримых величин на входе и выходе. В современном мире таких объектов становится все меньше, но искажение базового определения может привести к утрате стимула для поиска новых закономерностей там, где знание остается неполным и неточным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. – М., 1959.
2. <http://slovari.yandex.ru/>
3. Prot O., Mercere G. Initialization of Gradient-based Optimization Algorithms for the Identification of Structured State-Space Models. 18<sup>th</sup> World Congress of International Federation of Automatic Control. IFAC'11. August 28-September 2, 2011. Milano, Italy.
4. Liu Yi. Grey-box Identification of Distributed Parameter Systems. Doctoral Thesis, Automatic Control Department of Signal, Sensors and Systems. Royal Institute of Technology. Stockholm, Sweden 2005.

УДК 517.926

## ИНТЕГРИРУЕМЫЕ КОМБИНАЦИИ В СИСТЕМАХ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

**В.В. Ивлев,**  
д-р техн. наук,  
Московский государственный гуманитарный университет  
им. М.А. Шолохова  
E-mail: vvivlev@yandex.ru

**Е.М. Архипова,**  
канд пед. наук,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: Arhipova.E@mfua.ru

**Аннотация.** В статье предлагается общий метод построения полной системы интегрируемых комбинаций для систем линейных дифференциальных уравнений. Рассмотрена задача Коши в терминах интегральных комбинаций. Выделены классы систем уравнений, разрешимых в интегрируемых комбинациях.

**Ключевые слова:** интегрируемая комбинация, первый интеграл, собственный вектор, собственное значение, сопряженный оператор, коммутирующие нормальные операторы.

**Abstract.** So, there are general methods of building complete systems of integral combinations for systems of linear differential equations. This time, we have Koshi theory in integral combinations terminus. System classes of equations, soluble in integrable combinations are chosen.

**Keywords:** integrable combination, first integral, eigenvector, eigenvalue, adjoint operator, commuting normal operators.

Среди известных методов решения систем линейных дифференциальных уравнений (матричный, операционный, Эйлера ...) скромное место занимает метод интегрируемых комбинаций. Дело в том, что отсутствует общий метод построения таких комбинаций. Напомним, что с помощью простейших алгебраических операций подбором система уравнений «свертывается» в одно дифференциальное уравнение относительно некоторой функции (интегрируемой комбинации) от искомых

решений, причем это уравнение легко интегрируется. При получении полной системы интегрируемых комбинаций (первых интегралов) задача считается решенной. Ниже предлагается общий метод построения интегрируемых комбинаций.

Рассмотрим нормальную систему линейных дифференциальных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами.

$$\frac{dy_i}{dx} = \sum_{k=1}^n a_{ik} y_k + f_i(x), \quad (1)$$

$$i = \overline{1, n}, \quad y_k = y_k(x), \quad k = \overline{1, n}$$

или в матричной форме

$$\frac{dy}{dx} = Ay + f, \quad (1')$$

$$\text{где } y = \begin{bmatrix} y_1(x) \\ \dots \\ y_n(x) \end{bmatrix}, \quad f = \begin{bmatrix} f_1(x) \\ \dots \\ f_n(x) \end{bmatrix}, \quad A = [a_{ik}] = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}.$$

$$\text{Пусть } \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \dots \\ \alpha_n \end{bmatrix} \text{ — постоянный вектор-столбец.}$$

Умножим (1') скалярно на  $\alpha$

$$(\alpha, y') = (\alpha, Ay) + (\alpha, f) \quad (2)$$

Так как  $(\alpha, Ay) = (A^T \alpha, y)$ , то (2) принимает вид:

$$(\alpha, y') = (\alpha, y)' = (A^T \alpha, y) + (\alpha, f) \quad (2')$$

$A^T$  — транспонированная матрица, то есть  $A^T = [a_{ki}]$ . Применительно к произвольному вектору  $\alpha$  выполненные операции ничего не дают, пусть теперь

$\alpha$  — собственный вектор линейного оператора  $A^T$ , тогда по определению  $A^T \alpha = \lambda \alpha$ ;

$\lambda$  – собственное значение для  $A^T$  и, следовательно (2') переходит в обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка

$$(\alpha, y)' = \lambda(\alpha, y) + (\alpha, f). \quad (3)$$

Обозначим искомую линейную комбинацию  $(\alpha, y) = J = \alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2 + \dots + \alpha_n y_n$ ; получим

$$J' = \lambda J + (\alpha, f). \quad (3')$$

Общее решение для (3') имеет вид

$$J = ce^{\lambda x} + e^{\lambda x} \int (\alpha, f) e^{-\lambda x} dx. \quad (4)$$

Для получения полной системы  $n$  интегрируемых комбинаций необходимо рассмотреть характеристическое уравнение для оператора  $A^T$

$$|A^T - \lambda E| = \begin{vmatrix} a_{11} & \dots & a_{n1} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{1n} & \dots & a_{nn-\lambda} \end{vmatrix} = 0 \quad (5)$$

где  $E = \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$  – единичный оператор.

В общем случае действительных коэффициентов  $a_{ki}$  корни уравнения (5) могут быть вещественными простыми или кратными и комплексно-сопряженными, также простыми или кратными. Детально эти случаи рассмотрены в [1]. В частности, в случае простых вещественных корней приходим к системе алгебраических уравнений ( $f \equiv 0$ ),

$$\begin{cases} \alpha_{11}y_1 + \alpha_{21}y_2 + \dots + \alpha_{n1}y_n = c_1 e^{\lambda_1 x} \\ \dots \\ \alpha_{1n}y_1 + \alpha_{2n}y_2 + \dots + \alpha_{nn}y_n = c_n e^{-\lambda_n x} \end{cases} \quad (6)$$

При наличии вещественного корня кратности  $m$  имеет  $m$  интегрируемых комбинаций

$$J_i = e^{\lambda x} (C_i + C_{i-1}x + \dots + C_1 x^{i-1}), \quad i = \overline{1, m}. \quad (7)$$

Принимается в (7), что кратному корню  $\lambda$  соответствует один собственный вектор и  $m-1$  присоединяемых.

Пример:

Найти интегрируемые комбинации для системы уравнений.

$$\begin{cases} y_1' = 5y_1 - y_2 - 4y_3 \\ y_2' = -12y_1 + 5y_2 + 12y_3 \\ y_3' = 10y_1 - 3y_2 - 9y_3 \end{cases}$$

Решение: Строим матрицу  $A^T$

$$A^T = \begin{bmatrix} 5 & -12 & 10 \\ -1 & 5 & -3 \\ -4 & 12 & -9 \end{bmatrix}.$$

Решаем характеристическое уравнение:

$$\begin{vmatrix} 5-\lambda & -12 & 10 \\ -1 & 5-\lambda & -3 \\ -4 & 12 & -9-\lambda \end{vmatrix} = 0 \quad \text{или} \quad -\lambda^3 + \lambda^2 + \lambda - 1 = 0.$$

Имеем  $\lambda_1 = -1, \lambda_{2,3} = 1$ . Здесь  $\lambda_1$  – простой корень,  $\lambda_{2,3} = 1$  – корень кратности 2.

Находим собственный вектор для  $\lambda_1 = -1$ :

$$\begin{cases} 6\alpha_{11} - 12\alpha_{21} + 10\alpha_{31} = 0 \\ -\alpha_{11} + 6\alpha_{21} - 3\alpha_{31} = 0 \\ -4\alpha_{11} + 12\alpha_{21} - 8\alpha_{31} = 0 \end{cases} \quad (*)$$

Решая (\*), получим  $\alpha_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix}$ .

Первая интегрируемая комбинация  $J_1 = -y_1 + \frac{1}{3}y_2 + y_3 = c_1 e^{-x}$ .

Для кратного корня  $y_{2,3} = 1$ , находим собственный вектор из уравнения  $A^T \alpha_2 = \lambda \alpha_2$  и присоединенный – из уравнения  $A^T \alpha_3 = \lambda \alpha_3 + \alpha_2$ .

Отсюда:  $\alpha_2 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$ ,  $\alpha_3 = \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 1 \end{bmatrix}$  имеем две следующие интегрируемые комбинации:

$$J_2 = -y_1 + \frac{1}{2}y_2 + y_3 = c_2 e^x$$

$$J_2 = -\frac{1}{2}y_1 + \frac{3}{4}y_2 + y_3 = (c_3 + c_2 e^x) e^x$$

### ЗАДАЧА КОШИ

Рассмотрим задачу Коши для однородной системы уравнений. Пусть дан вектор-столбец начальных значений  $y_1 \dots y_n$  при  $x = 0$ .

$$y_0 = \begin{bmatrix} y_1^\circ \\ \dots \\ y_n^\circ \end{bmatrix}$$

и пусть собственные значения оператора  $A^T$  – вещественны и попарно различны, тогда (6) принимает вид  $[x = 0]$

$$\begin{cases} (\alpha_1, y_0) = c_1 \\ \dots \\ (\alpha_n, y_0) = c_n \end{cases}$$

а система интегрируемых комбинаций задачи Коши есть

$$\begin{cases} J_1 = (\alpha_1, y_0) e^{\lambda_1 x} \\ \dots \\ J_n = (\alpha_n, y_0) e^{\lambda_n x} \end{cases}$$

В случае вещественного  $\lambda$  корня кратности  $m$  собственный вектор  $\alpha_1$  и присоединенные  $\lambda_2, \dots, \lambda_n$  определяются из соотношений

$$\begin{cases} A^T \alpha_1 = \lambda \alpha_1 \\ A^T \alpha_2 = \lambda \alpha_2 + \alpha_1 \\ \dots \\ A^T \alpha_m = \lambda \alpha_m + \alpha_{m-1} \end{cases}$$

а интегрируемые комбинации имеют вид (7), где  $c_1 = (\alpha_1, y_0), c_2 = (\alpha_2, y_0), \dots, c_m = (\alpha_m, y_0)$ .

### КЛАССЫ РАЗРЕШИМЫХ СИСТЕМ

**Определение 1.** Будем говорить, что система линейных дифференциальных уравнений (не только первого порядка) разрешима в интегрируемых комбинациях, если она «свертывается» в одно линейное дифференциальное уравнение соответствующего порядка относительно неизвестной интегрируемой комбинации.

Из выше изложенных результатов следует, что нормальная система уравнений (1) всегда разрешима в интегрируемых комбинациях.

Система уравнений:

$$\frac{d^k y_i}{dx^k} = \sum_{k=1}^n a_{ik} y_k + f_i(x), \quad k > 1$$

аналогичной процедурой «свертывается» в одно уравнение

$$J^{(k)} = \lambda J + (\alpha, f),$$

которая так же разрешима в интегрируемых комбинациях.

**Определение 2.** Линейные операторы  $A^T, B^T, \dots, C^T$  называются допустимыми, если они имеют единый набор собственных векторов при различных собственных значениях.

Рассмотрим общий вид нормальной системы дифференциальных уравнений  $m$ -го порядка в матричной форме.

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}, y^{(m)} = Ay^{(m-1)} + By^{(m-2)} + \dots + Cy, \quad (8)$$

причем операторы  $A^T, B^T, \dots, C^T$  удовлетворяют определению (2). Умножим (8) скалярно на  $\alpha$  – общий собственный вектор для  $A^T, B^T, \dots, C^T$

$$(\alpha, y)^m = (\alpha, Ay^{(m-1)}) + (\alpha, By^{(m-2)}) + \dots + (\alpha, Cy). \quad (9)$$

или переходя к транспонированным операторам (\*)

$$(\alpha, y)^m = (\alpha, A^T y^{(m-1)}) + (\alpha, B^T y^{(m-2)}) + \dots + (\alpha, C^T y). \quad (9')$$

Пусть теперь

$$A^T \alpha = \lambda_A \alpha, B^T \alpha = \lambda_B \alpha, \dots, C^T \alpha = \lambda_C \alpha,$$

тогда (9') принимает вид

$$J^{(m)} = \lambda_A J^{(m-1)} + \lambda_B J^{(m-2)} + \dots + \lambda_C J. \quad (9)$$

Уравнение (10) есть свертка системы (8)

$$J = (\alpha, y) = \alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2 + \dots + \alpha_n y_n.$$

В заключение приведем теорему [2], определяющую множество допустимых операторов. Если дано конечное или бесконечное множество попарно коммутирующих нормальных операторов,  $A, B, \dots, C, \dots$  в уни-

тарном пространстве  $R$ , то все эти операторы имеют полную систему общих собственных векторов.

Другими словами все эти вещественные операторы должны попарно коммутировать между собой и каждый коммутировать со своим сопряженным, т. е. транспонированным. В частности, если операторы  $A, B, \dots, C$  являются степенями некоторого оператора  $A_0$ , т.е.  $A = A_0^{k_1}, B = A_0^{k_2}, \dots, C = A_0^{k_3}$ , то все операторы имеют общую систему собственных векторов, и их собственных значениях есть степени собственных значений оператора  $A_0$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ивлев В.В. Системы линейных дифференциальных уравнений // Математическое образование. 2006. №1; 2007. №1.
2. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М., 2004.

УДК 518.5

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМ МЕТОДОМ ПЛП-ПОИСКА

И.Н. Статников,  
канд. техн. наук,  
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН  
E-mail: firsovgi@mail.ru

Г.И. Фирсов,  
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН  
E-mail: firsovgi@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается применение метода ПЛП-поиска, уже зарекомендовавшего себя положительно по критерию рационального проведения вычислительных экспериментов, для решения задач анализа и синтеза многопараметрических и многокритериальных задач проектирования.

**Ключевые слова:** ПЛП-поиск, эвристические методы оптимизации, метод Монте-Карло, планирование имитационных экспериментов.

**Abstract.** Based on the example of problems of the selection of quantity and sites of installation of the spacing lattices (partitions) is examined the application of a method of the PLP- search, which already recommended itself positively on the criterion of the rational conducting of computational experiments with analysis and synthesis of multiparametric and multicriterional tasks.

**Keywords:** PLP-search, the heuristic methods of optimization, the Monte Carlo method, planning the imitation experiments.

Проектирование и создание динамических систем по существу есть процесс сотворения человеком искусственной природы, которая помогает ему выжить в естественных условиях. Отсюда и постоянная задача человека – повышение эффективности систем искусственной природы с точки зрения его выживания. На протяжении тысячелетий эта задача решалась, в основном, методом проб и ошибок. С появлением теоретических наук, и прежде всего естественных (физика, математика, теоретическая механика и др.), крен в решении вышеупомянутых задач

смещается в сторону расчетов при наличии математических описаний создаваемых систем – математических моделей (ММ). В настоящей работе под решением задачи проектирования динамической системы понимаем комплекс рекомендаций по выбору значений конструктивных параметров системы и условий управления работой системы, обеспечивающих ее максимальную эффективность по технико-экономическим и экологическим критериям качества. Такое понимание явно свидетельствует о том, что задачи проектирования динамических систем – многопараметрические и многокритериальные.

С теоретической точки зрения эффективность применения того или иного метода оптимизации, понимаемой широко, существенно зависит от степени адекватности используемой ММ реальным динамическим процессам, происходящим в создаваемом или усовершенствуемом устройстве. Разумеется, в узком смысле, при использовании одной и той же математической модели всегда имеет место конкуренция различных методов оптимизации (по точности, по скорости сходимости результатов расчетов, по ясности интерпретации этих результатов). Но уже при числе критериев  $K \geq 2$  и числе анализируемых (а в ПЛП-поиске – варьируемых) параметров  $J \geq 3$  стало практически бессмысленным говорить об оптимизации искомым решений в узком смысле, а речь может идти только об отыскании **рациональных решений** задачи, что чаще всего соответствует поиску компромиссных решений. Но в этом случае сама эффективность применения того или иного метода становится заложницей объема и качества априорной информации, имеющейся к моменту начала решения прикладной задачи оптимизации.

Поэтому кажется очевидным, что наиболее привлекательными становятся такие методы поиска рациональных решений, которые, при наличии адекватной ММ, требуют минимума априорной информации о решаемой задаче, более того, позволяют по ходу решения получать такую информацию легко и просто. Такие методы естественно называть универсальными. К ним будем относить семейство методов Монте-Карло и их различные модификации. В основе использования этих методов лежат принципы случайного поиска решения задачи и статистической обработки получаемых результатов, что и делает такой подход универсальным. Но платой за такую универсальность является определенная «слепота», и это приводит к громадным объемам вычислений даже для современных ЭВМ, тем более, что имеет место рост размерности решаемых задач (растут число фазовых координат, число конструктивных

параметров  $J$ , число критериев качества  $K$ , характеризующих систему (объект). А громадные объемы получаемой информации при проведении вычислительных экспериментов затрудняют ее интерпретацию. Возникла потребность сочетания универсальности метода Монте-Карло с элементами более интеллектуального анализа результатов численных экспериментов, чем простая констатация статистических оценок, т.е. усовершенствование технологии проведения математических экспериментов. Полагаем, что в значительной мере указанной потребности удовлетворяет метод ПЛП-поиска [1,2], в основание которого положена рандомизация расположения в области  $G(\vec{\alpha})$  векторов  $\vec{\alpha}$ , рассчитываемых по ЛП-сеткам [3], и которая возможна благодаря тому, что весь вычислительный эксперимент производится сериями. В ПЛП-поиске на сегодняшний день можно варьировать одновременно значения до 51-го параметра ( $J=51$ ). В ПЛП-поиске алгоритм рандомизации построен на использовании датчика псевдослучайных чисел  $q$  ( $0 < q < 1$ ) из [3]. Рандомизация состоит в том, что для каждой  $h$ -ой серии экспериментов ( $h = 1, \dots, H(i, j)$ ), где  $H(i, j)$  – объем выборки из элементов для одного критерия  $\Phi_{ijk}$ , вычисляется свой вектор случайных номеров строк  $\vec{j}(j_{1h}, \dots, j_{\beta h})$  в таблице направляющих числителей (ТНЧ) по формуле:

$$j_{\beta h} = [R \times q] + 1, \quad (1)$$

а значения  $\alpha_{ij}$  в  $h$ -ой серии рассчитываются с помощью линейного преобразования

$$\alpha_{ijh} = \alpha_{j^*} + q_{ihj\beta h} \times \Delta\alpha_j \quad (2)$$

где:  $\Delta\alpha_j = \alpha_{j^{**}} - \alpha_{j^*}$ ,  $\alpha_{j^{**}}$  и  $\alpha_{j^*}$  – соответственно верхние и нижние границы области  $G(\vec{\alpha})$ ;  $\beta = 1, \dots, J$ ;  $R$  – любое целое число (в ПЛП-поиске  $R = 51$ );  $j$  – фиксированный номер варьируемого параметра;  $i = 1, \dots, M(j)$  – номер уровня  $j$ -го параметра в  $h$ -й серии;  $M(j)$  – число уровней, на которое разбивается  $j$ -ый параметр; в общем случае  $j_{\beta h} \neq j$  (в чем и состоит одна из целей рандомизации). Было доказано с помощью критерия Романовского [4], что числа  $j_{\beta h}$ , вырабатываемые по формуле (1), оказываются совокупностью равномерно распределенных по вероятности целых чисел. Обратим внимание, что  $M(j)$  и есть количество экспериментов, реализуемых в одной серии. И если  $M(j) = M = \text{const}$  и  $H(i, j) = H = \text{const}$ , то в этом случае параметры  $NO$ ,  $M$  и  $H$  связаны простым соотношением:

$$NO = M \times H, \quad (3)$$

где  $NO$  – общее число вычислительных экспериментов (ВЭ), при этом длина выборки из  $\Phi_{ijk}$  в точности равна  $H$ . Но в общем случае, когда  $M(j) = \text{var}$ , то и  $H(i, j) = \text{var}$ , и тогда формула (3) для одного критерия примет такой вид  $NO = \sum_{i=1}^{M(j)} H(i, j)$ .

С помощью формул (1) и (2) в ПЛП-поиске реализуются следующие варианты матриц планируемых экспериментов:

1.  $M = \text{const}$ ;  $NO$  считается по формуле (3); в этом случае можно строить МПЭ для таких случаев:

а)  $\varepsilon = 0$ ; учитываются точные значения границ области  $G(\vec{\alpha})$ , но в этом случае необходимо увеличивать число экспериментов  $NO$ , так частота появления граничных значений  $\alpha_j$  в 2 раза меньше частоты появления внутренних значений этого параметра;

б)  $0 < \varepsilon \ll 1$ ; границы изменения  $j$ -го параметра образуют интервал  $(\alpha_{j^*} + \varepsilon; \alpha_{j^{**}} - \varepsilon)$ , а далее расчет по формуле (2);

в)  $0 < \varepsilon \ll 1$ ; границы изменения  $j$ -го параметра образуют интервал  $(\alpha_{j^*} - \varepsilon; \alpha_{j^{**}} + \varepsilon)$ , а далее расчет по формуле (2).

2.  $M_j = \text{var}$ ; в этом случае также возможны три варианта построения МПЭ, но для каждого  $j$ -го параметра берется свое  $\varepsilon_j$ ; при этом  $0 < \varepsilon_j \ll 1$ .

Для проведения однофакторного дисперсионного анализа [5] по всем параметрам для каждого критерия производится сортировка результатов вычислений, полученных при вычисления в точках матрицы планируемых экспериментов (МПЭ). В результате сортировки для одного критерия будет получено  $J$  матриц, состоящих из элементов  $\Phi_{ijk}$ , а для  $K$  будет получено  $J \times K$  матриц, состоящих из элементов  $\Phi_{ijk^2}$ , где  $k$  – номер критерия. Этот анализ позволяет принять (или отвергнуть) с требуемой вероятностью  $P \geq 1 - \beta$ , где  $\beta$  – заданный уровень значимости, следующую нулевую гипотезу: средние значения  $\bar{\Phi}_{ijk}$  не существенно (случайно) отличаются от общего среднего значения  $k$ -го критерия. Если принят положительный ответ (гипотеза принята), то допускается на следующем этапе решения задачи несущественно влияющий параметр  $\alpha_j$  не варьировать, а зафиксировать одно из его значений, например,  $\alpha_j = \alpha_{ij}$  для такого  $i$ , где  $\bar{\Phi}_{ijk}$  имеет наилучшее значение в смысле искомого экстремума.

Теперь опишем типовую формализованную постановку задачи, для которой будет полезным использование ПЛП-поиска. Пусть задана математическая модель исследуемой системы в виде

$$L(\bar{y}(\vec{\alpha}, t), \vec{\alpha}) = 0, \quad \bar{\varphi}(\vec{\alpha}) \geq 0, \quad (4)$$



где  $L$  – оператор, действующий на систему уравнений (4) (линейный или нелинейный),  $\bar{y}(\bar{\alpha}, t)$  – вектор фазовых координат системы,  $\bar{\varphi}(\bar{\alpha})$  – вектор функциональных ограничений на параметры и поведение системы (4),  $\bar{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_J)$  – вектор коэффициентов уравнений. Исходная область  $G(\bar{\alpha})$  изменения коэффициентов задается в виде  $I$ -мерного параллелепипеда  $\alpha_{j*} \leq \alpha_j \leq \alpha_{j**}$ , где  $\alpha_{j*}$  и  $\alpha_{j**}$  – соответственно нижние и верхние граничные значения  $j$ -го коэффициента  $j = \overline{1, J}$ . И, наконец, задается система критериев качества функционирования устройства (в явном или неявном виде)  $\{\Phi_k = \Phi_k(\bar{\alpha}), \bar{\alpha} \in G(\bar{\alpha}), k = \overline{1, K}\}$ . Реализация пунктов «б» и «г» осуществляется алгоритмически и с помощью следующих графиков: кривой максимумов  $\Phi_{ijk}(\alpha_j)$ ; кривой средних; кривой общего среднего  $\bar{\Phi}_{0k}$ ; кривой минимумов  $\Phi_{ijk}(\alpha_j)$ . При этом были сформулированы следующие эвристические правила выделения искомого поддиапазона:

а) если доверительная (теоретическая) вероятность  $P$  влияния параметра на значения анализируемой функции меньше заданной  $P_s$ , а  $P_s < 0,95$ , то исходный диапазон изменения этого параметра не меняется;

б) если  $P \geq P_s$ , то поступаем так: если кривая общего среднего  $\bar{\Phi}_{0k}$  пересекает линию кривой средних  $\bar{\Phi}_{ijk}(\alpha_j)$  один или два раза, то выделяем новый поддиапазон из исходного в соответствии с математическим смыслом искомого экстремума (min или max); если число пересечений кривой общего среднего  $\bar{\Phi}_{0k}$  линии кривой средних  $\bar{\Phi}_{ijk}(\alpha_j)$  больше двух, то, несмотря на значения  $P$ , исходный диапазон параметра не меняем (впрочем принятие решения в этом случае, как и выбор значения  $P_s$ , остается за исследователем, поскольку само решение влияет на объем проводимых экспериментов).

Ниже приведены некоторые из примеров использования ППП-поиска при решении задач проектирования различных динамических систем. Здесь ММ – математическая модель, НДУ – нелинейное дифференциальное уравнение, ЛДФ – линейное дифференциальное уравнение, УРЧП – дифференциальное уравнение в частных производных.

1. Поворотный делительный стол с гидромеханическим приводом. ММ: 3 НДУ второго порядка.  $J = 9$ .  $K = 3$ . Результат: найдена область компромиссных решений, объем которой составил  $\sim 0,2\%$  от исходно заданной.

2. Пневморегулятор давления повышенной точности. ММ: 4 НДУ второго порядка.  $J = 4$ .  $K = 1$ . Результат: найдена область лучших решений с объемом в  $0,5\%$  от исходно заданной.

3. Пневмовстряхивающая машина. ММ: 4 НДУ второго порядка.  $J = 8$ .  $K = 1$ . Результат: определены 4 влияющих параметра; выделенная область составила  $5\%$  от исходно заданной.

4. Швейная машина. ММ: 5 НДУ неоднородных второго порядка.  $J = 6$ .  $K = 5$ . Результат: в выделенных областях построены регрессионные зависимости собственных частот от параметров ММ.

5. Резонансный преобразователь для судовых валопроводов. ММ: 2 НДУ второго порядка.  $J = 6$ .  $K = 1$ . Результат: определены два влияющих параметра; значение критерия улучшилось в  $5,2$  раза по сравнению с аналогичным в исходной области.

6. Трансмиссия главного привода рабочей клетки прокатного стана. ММ: 5 НДУ второго порядка.  $J = 5$ .  $K = 5$ . Результат: найдена область компромисса, составляющая  $\sim 3,5\%$  от исходно заданной.

7. Теплообменный аппарат. ММ: 1 УРЧП.  $J$  от 8 до 18.  $K = 4$ . Результат: определены для каждого  $J$  существенные параметры и построены области компромисса.

Мы видим, что в каждом из приведенных примеров реализуются один или одновременно несколько пунктов из формализованной постановки. Более того, полученные результаты носят практический характер, и могут быть основанием для завершения расчетов. Еще более важно то, что при решении каждой из указанных задач возникали вопросы к результатам их решения, которые нельзя было предвидеть заранее, даже при аналитической проработке. Последнее, во-первых, естественно при использовании дискретных методов, а, во-вторых, имелись явные вероятностные оценки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Статников И.Н., Андреев Е.В. ППП-поиск – эвристический метод решения задач математического программирования. – М., 2006.

2. Статников И.Н., Фирсов Г.И. ППП-поиск и его реализация в среде MATLAB // Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB. – М., 2004.

3. Соболев И.М. Многомерные квадратные формулы и функции Хаара. – М., 1969.

4. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. – М., 1971.

5. Шеффе Г. Дисперсионный анализ. – М., 1980.

УДК 532.51

## ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ОСРЕДНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**В.Ф. Шириков,**  
д-р техн. наук,  
Московский государственный университет пищевых производств  
E-mail: vfshirikov@mail.ru

**С.М. Зарбалиев,**  
канд. физ.-мат. наук,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: szarbaliev@mail.ru

**Аннотация.** В статье предложен способ осреднения уравнений гидродинамики и их замыкание в случае, когда исходные функции являются регулярными по координатам и времени.

**Ключевые слова:** гидродинамическая модель, осреднение, турбулентное движение, уравнение Навье-Стокса.

**Abstract.** In this paper, proposed a method of averaging of hydrodynamics equations and their closure in case when the initial functions are regular by coordinates and time.

**Keywords:** hydrodynamics model, averaging, turbulent motion, Navier-Stokes equation.

Исследование и определение различных характеристик и режимов функционирования биологических систем связано с гидродинамическим расчетом движения рабочих сред. В основу гидродинамического расчета положены уравнения Навье-Стокса, с помощью которых описывается движение исследуемой среды. Решение таких уравнений исследователями даже в простейших случаях наталкивается на значительные математические трудности. Представляя исходные гидродинамические элементы как осредненные величины, на которые накладываются их возмущения, многие исследователи пытались замкнуть исходную систему уравнений относительно осредненных величин посредством различных гипотез. Основными гипотезами можно считать гипотезу

Прандтля о постоянстве пути смещения [1] и гипотезу Колмогорова-Обухова [1] об однородности и изотропности мелкомасштабного спектра турбулентности. На основе этих гипотез было построено много полуэмпирических моделей. Каждая такая модель неплохо описывает развитие и процесс турбулентного движения рабочей среды или его вырождение только для конкретных задач на определенном интервале изменения чисел Рейнольдса и зависит от параметров рабочей среды.

В настоящей работе рассматривается один из способов осреднения уравнений гидродинамики и их замыкания в случае когда исходные функции являются регулярными по координатам и времени.

Запишем исходную систему уравнений Навье-Стокса, в которой для простоты дальнейших рассмотрений проведены некоторые упрощения в части теории свободной конвекции:

$$\frac{\partial u_i}{\partial \tau} + \frac{\partial u_j u_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial \Phi}{\partial x_i} + \sigma_i T + \nu \Delta u_i, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_j}{\partial x_i} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} + \frac{\partial u_j T}{\partial x_j} = -(\gamma_a - \gamma) u_3 + \lambda \Delta T, \quad (3)$$

где  $\gamma_a - \gamma$  – сухоадиабатический градиент,

$$\Phi = RT_{\text{н.д.}} \cdot \frac{p'}{p(z)}; \quad \sigma_i = \left( 0, 0, \frac{g}{T_{\text{н.д.}}} \right),$$

$\nu$  и  $\lambda$  – коэффициенты кинематической вязкости и теплопроводности соответственно,  $R$  – газовая постоянная,  $u_1 = u$ ,  $u_2 = V$ ,  $u_3 = W$  – компоненты вектора скорости,  $T$  – отклонение температуры от ее стандартного распределения по высоте  $T(z)$ ,  $T_{cp}$  – средняя температура атмосферы,  $p'$  – отклонение давления от стандартного  $p(z)$ ,  $g$  – ускорение свободного падения. Представим все гидродинамические поля в виде

$$u_i = \bar{u}_i + u'_i; \quad \Phi = \bar{\Phi} + \Phi'; \quad T = \bar{T} + T', \quad (4)$$

черточками обозначены осредненные значения.

Введем осредненную функцию следующим образом:

$$\bar{f}_i = \frac{1}{V} \int_V f_i(\tau + t_0, x + x_0) d\tau_0 dx_0, \quad (5)$$

$$V(\tau, x) = 2^4 \tau l_1 l_2 l_3; \quad x = (x_1, x_2, x_3),$$

$\tau$  и  $l_i$  – масштабы осреднения по времени и координатам.

Осредняя уравнения (1–3) в соответствии с (5), получим уравнения Рейнольдса

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial \tau} + \frac{\partial \bar{u}_j \bar{u}_i}{\partial x_j} &= -\frac{\partial \bar{\Phi}}{\partial x_i} + \sigma_i \bar{T} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \nu \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \xi_{x_j x_i} \right), \\ \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j} &= 0, \\ \frac{\partial \bar{T}}{\partial \tau} + \frac{\partial \bar{u}_j \bar{T}}{\partial x_j} &= -(\gamma_a - \gamma) u_3 + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \lambda \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_j} + \xi_{x_j T} \right), \end{aligned} \quad (6)$$

где  $\xi_{x_i x_j} = -(\overline{u_j u_i} - \bar{u}_j \bar{u}_i)$  – тензор турбулентных напряжений Рейнольдса;  
 $\xi_{x_j T} = -(\overline{u_j T} - \bar{u}_j \bar{T})$ . Введем следующие обозначения

$$D_\tau = \frac{\partial}{\partial \tau}; \quad D_i = \frac{\partial}{\partial x_i}; \quad A(n) = \begin{cases} 1, & \text{если } n\text{-четное} \\ 0, & \text{если } n\text{-нечетное} \end{cases}$$

Покажем, что если  $u_i$  регулярные функции по координатам и времени, то тензор напряжений для осредненных движений имеет следующее представление:

$$\begin{aligned} \xi_{x_i x_j} &= - \sum_{p_i, p_j=1}^{\infty} \frac{1}{p_i! p_j!} \sum_{m_i=0}^{p_i} \sum_{l_i=0}^{m_i} \sum_{k_i=0}^{p_i-m_i-l_i} \sum_{m_j=0}^{p_j} \sum_{l_j=0}^{m_j} \sum_{k_j=0}^{p_j-m_j-l_j} C_{p_i}^{m_i} C_{m_i}^{l_i} C_{p_i-m_i}^{k_i} \times \\ &\times C_{p_j}^{\delta_j} C_{m_j}^{l_j} C_{p_j-m_j}^{k_j} \left\{ \frac{A(l_i+l_j)}{(l_i+l_j+1)} \cdot \frac{A(m_i+m_j-l_i-l_j)}{(m_i+m_j-l_i-l_j+1)} \cdot \frac{A(k_i+k_j)}{(k_i+k_j+1)} \right\} \times \\ &\times \frac{A(p_i+p_j-m_i-m_j-k_i-l_j)}{(p_i+p_j-m_i-m_j-k_i-k_j+1)} - \frac{A(l_i)A(l_j)}{(l_i+1)(l_j+1)} \cdot \frac{A(m_i-l_i)A(m_j-l_j)}{(m_i-l_i+1)(m_j-l_j+1)} \times \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} &\times \frac{A(k_i)A(k_j)}{(k_i+1)(k_j+1)} \cdot \frac{A(p_i-m_i-k_i)A(p_j-m_j-k_j)}{(p_i-m_i-k_i+1)(p_j-m_j-k_j+1)} \Big\} \times \\ &\times \sum_{n, n_1, n_2, n_3=0}^{\infty} \beta_{2n_0}^0 \beta_{2n_1}^1 \beta_{2n_2}^2 \beta_{2n_3}^3 \left[ (\tau D_\tau)^{2n+l_i} (l_1 D_1)^{2n_1+m_i-l_i} (l_2 D_2)^{2n_2+k_i} (l_3 D_3)^{2n_3+p_i-m_i-k_i} \right] \bar{u}_i \times \\ &\times \sum_{n, n_1, n_2, n_3=0}^{\infty} \beta_{2n_0}^0 \beta_{2n_1}^1 \beta_{2n_2}^2 \beta_{2n_3}^3 \left[ (\tau D_\tau)^{2n+l_j} (l_1 D_1)^{2n_1+m_j-l_j} (l_2 D_2)^{2n_2+k_j} (l_3 D_3)^{2n_3+p_j-m_j-k_j} \right] \bar{u}_j, \end{aligned}$$

где  $\beta_0^k = 1, \beta_{2n_k}^k = \sum_{m=0}^{n_k-1} \frac{\beta_{2m}^k}{(2(n_k-m)+1)!}, k = 0, 1, 2, 3.$

Для доказательства соотношения (7) запишем представление для  $u_i$  в виде степенного ряда в точке  $(\tau_0, x_0)$ :

$$\begin{aligned} u_i(\tau' + \tau_0, x' + x_0) &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} (\tau D_\tau + x'_1 D_1 + x'_2 D_2 + x'_3 D_3)^n u_i(\tau_0, x_0) = \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} \sum_{m=0}^n \sum_{l=0}^m \sum_{k=0}^{n-m} C_n^m C_m^l C_{n-m}^k \left[ (\tau' D_\tau)^l (x'_1 D_1)^{m-l} (x'_2 D_2)^k (x'_3 D_3)^{n-m-k} \right] u_i(\tau_0, x_0), \end{aligned} \quad (8)$$

где  $x = x_0 + x'$ .

Применим к  $u_i$  операцию осреднения (5). После интегрирования получим:

$$\begin{aligned} u_i &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} \sum_{m=0}^n \sum_{l=0}^m \sum_{k=0}^{n-m} C_n^m C_m^l C_{n-m}^k \frac{A(l)}{(l+1)} \cdot \frac{A(m-l)}{(m-l+1)} \cdot \frac{A(k)}{(k+1)} \cdot \frac{A(n-m-k)}{(n-m-k+1)} \times \\ &\times \left[ (\tau D_\tau)^l (l_1 D_1)^{m-l} (l_2 D_2)^k (l_3 D_3)^{n-m-k} \right] u_i(\tau_0, x_0) = \\ &= \sum_{p_1, p_2, p_3=0}^{\infty} \left[ \frac{(\tau D_\tau)^{2p_1}}{(2p_1+1)!} \cdot \frac{(l_1 D_1)^{2p_1}}{(2p_1+1)!} \cdot \frac{(l_2 D_2)^{2p_2}}{(2p_2+1)!} \cdot \frac{(l_3 D_3)^{2p_3}}{(2p_3+1)!} \right] u_i(\tau_0, x_0) = L(u_i). \end{aligned} \quad (9)$$

Аналогично представим выражение  $u_i u_j$ :

$$\begin{aligned} \overline{u_i u_j} &= \sum_{n, n_1=0}^{\infty} \frac{1}{n! n_1!} \sum_{m, l, k, m_1, l_1, k_1=0}^{\infty} C_n^m C_m^l C_{n-m}^k C_{n_1}^{m_1} C_{m_1}^{l_1} C_{n_1-m_1}^{k_1} \times \\ &\times \frac{A(l+l_1)}{(l+l_1+1)} \cdot \frac{A(m+m_1-l-l_1)}{(m+m_1-l-l_1+1)} \cdot \frac{A(k+k_1)}{(k+k_1+1)} \cdot \frac{A(n+n_1-m-m_1-k-k_1)}{(n+n_1-m-m_1-k-k_1+1)} \times \\ &\times \left[ (\tau D_\tau)^l (l_1 D_1)^{m-l} (l_2 D_2)^k (l_3 D_3)^{n-m-k} \right] u_i \left[ (\tau D_\tau)^{l_1} (l_1 D_1)^{m_1-l_1} (l_2 D_2)^{k_1} (l_3 D_3)^{n_1-m_1-k_1} \right] u_j. \end{aligned} \quad (10)$$

Представим также в виде степенного ряда и второй член в выражении для турбулентных напряжений Рейнольдса (7):

$$\begin{aligned} \overline{u_i u_j} &= \sum_{n, n_1=0}^{\infty} \frac{1}{n! n_1!} \sum_{m, l=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{n-m} \sum_{m_1=0}^{n_1} \sum_{l_1=0}^{m_1} \sum_{k_1=0}^{n_1-m_1} C_n^m C_l^l C_{n-m}^k C_{n_1}^{m_1} C_{m_1}^{l_1} C_{n_1-m_1}^{k_1} \times \\ &\times \frac{A(l)}{(l+1)} \cdot \frac{A(m-l)}{(m-l+1)} \cdot \frac{A(k)}{(k+1)} \cdot \frac{A(n-m-k)}{(n-m-k+1)} \cdot \frac{A(l_1)}{(l_1+1)} \cdot \frac{A(m_1-l_1)}{(m_1-l_1+1)} \times \\ &\times \frac{A(k_1)}{(k_1+1)} \cdot \frac{A(n_1-m_1-k_1)}{(n_1-m_1-k_1+1)} \left[ (\tau D_\tau)^l (l_1 D_1)^{m-l} (l_2 D_2)^k (l_3 D_3)^{n-m-k} \right] u_i \times \\ &\times \left[ (\tau D_\tau)^{l_1} (l_1 D_1)^{m_1-l_1} (l_2 D_2)^{k_1} (l_3 D_3)^{n_1-m_1-k_1} \right] u_j. \end{aligned} \quad (11)$$

Вычитая из (10) выражение (11), получим представление для напряжений Рейнольдса в виде следующего степенного ряда:

$$\begin{aligned} \xi_{x_i x_j} &= \overline{u_i u_j} - \overline{u_i} \cdot \overline{u_j} = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{n_1=0}^{\infty} \frac{1}{n! n_1!} \sum_{m=0}^n \sum_{l=0}^m \sum_{k=0}^{n-m} \sum_{m_1=0}^{n_1} \sum_{l_1=0}^{m_1} \sum_{k_1=0}^{n_1-m_1} C_n^m C_l^l C_{n-m}^k \times \\ &\times C_{n_1}^{m_1} C_{m_1}^{l_1} C_{n_1-m_1}^{k_1} \left\{ \frac{A(l+l_1)}{(l+l_1+1)} \cdot \frac{A(m+m_1-l-l_1)}{(m+m_1-l-l_1+1)} \cdot \frac{A(k+k_1)}{(k+k_1+1)} \times \right. \\ &\times \frac{A(n+n_1-m-m_1-k-k_1)}{(n+n_1-m-m_1-k-k_1+1)} \cdot \frac{A(l)}{(l+1)} \cdot \frac{A(l_1)}{(l_1+1)} \cdot \frac{A(m-l)}{(m-l+1)} \cdot \frac{A(m_1-l_1)}{(m_1-l_1+1)} \times \\ &\times \left. \frac{A(k)}{(k+1)} \cdot \frac{A(k_1)}{(k_1+1)} \cdot \frac{A(n-m-k)}{(n-m-k+1)} \cdot \frac{A(n_1-m_1-k_1)}{(n_1-m_1-k_1+1)} \right\} \left[ (\tau D_\tau)^l (l_1 D_1)^{m-l} \times \right. \\ &\times \left. (l_2 D_2)^k (l_3 D_3)^{n-m-k} \right] u_i \left[ (\tau D_\tau)^{l_1} (l_1 D_1)^{m_1-l_1} (l_2 D_2)^{k_1} (l_3 D_3)^{n_1-m_1-k_1} \right] u_j. \end{aligned} \quad (12)$$

Выражение (12) отображает поле скоростей  $u_i$  на осредненные поля  $\overline{u_i}$ . Найдем обратное отображение  $u_i = L^{-1}(\overline{u_i})$ . Для этого снова представим  $u_i$  в виде степенного ряда по координатам и времени в точке  $(\tau_0, x_0)$ :

$$u_i(\tau, x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} (\tau' D_\tau)^n u_i(\tau_0, x_{01} + x'_1, x_{02} + x'_2, x_{03} + x'_3), \quad (13)$$

$$u_i(\tau_0, x) = \sum_{n_1=0}^{\infty} \frac{1}{n_1!} (x'_1 D_1)^{n_1} u_i(\tau_0, x_{01}, x_{02} + x'_2, x_{03} + x'_3), \quad (14)$$

$$u_i(\tau_0, x_1, x_2, x_3) = \sum_{n_2=0}^{\infty} \frac{1}{n_2!} (x'_2 D_2)^{n_2} u_i(\tau_0, x_{01}, x_{02}, x_{03} + x'_3), \quad (15)$$

$$u_i(\tau_0, x_{01}, x_{02}, x_{03}) = \sum_{n_3=0}^{\infty} \frac{1}{n_3!} (x'_3 D_3)^{n_3} u_i(\tau_0, x_{01}, x_{02}, x_{03}). \quad (16)$$

Снова проведем операцию осреднения над выражениями (13)–(16):

$$\overline{u_i} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)!} (\tau D_\tau)^{2n} \overline{u_i^{x_1 x_2 x_3}} = L_\tau(\overline{u_i^{x_1 x_2 x_3}}), \quad (17)$$

$$\overline{u_i^{x_1 x_2 x_3}} = \sum_{n_1=0}^{\infty} \frac{1}{(2n_1+1)!} (l_1 D_1)^{2n_1} \overline{u_i^{x_2 x_3}} = L_1(\overline{u_i^{x_2 x_3}}), \quad (18)$$

$$\overline{u_i^{x_2 x_3}} = \sum_{n_2=0}^{\infty} \frac{1}{(2n_2+1)!} (l_2 D_2)^{2n_2} \overline{u_i^{x_3}} = L_2(\overline{u_i^{x_3}}), \quad (19)$$

$$\overline{u_i^{x_3}} = \sum_{n_3=0}^{\infty} \frac{1}{(2n_3+1)!} (l_3 D_3)^{2n_3} u_i = L_3(u_i), \quad (20)$$

где  $\overline{u_i^{x_1 x_2 x_3}}, \overline{u_i^{x_2 x_3}}, \overline{u_i^{x_3}}$  – осредненные скорости соответственно по  $\tau, x_1, x_2$ .

Далее покажем, что если для любого  $k$  имеет место представление:

$$\overline{f_{2k}}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \alpha_{2n} f_{2(n+k)}(x) = L(f), \quad \alpha_0 = 1, \quad (21)$$

тогда существует обратный оператор  $L^{-1}$  такой, что:

$$f_{2p}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \beta_{2n} \overline{f_{2(n+p)}}(x), \quad (22)$$

где  $\beta_0 = 1, \beta_{2m} = -\sum_{i=0}^{m-1} \alpha_{2(m-i)} \beta_{2i}$ .

Для подтверждения данного представления запишем выражение (21) при  $k = p$  и  $k = p + l$ :

$$f_{2p} = \overline{f_{2p}} - \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_{2n} f_{2(n+p)} = \beta_0 \overline{f_{2p}} - \alpha_{2l} f_{2(p+l)} - \sum_{n=2}^{\infty} \alpha_{2n} f_{2(n+p)}, \quad (23)$$

$$\overline{f_{2(p+l)}} = \overline{f_{2(p+l)}} - \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_{2n} f_{2(n+p+l)}. \quad (24)$$

Подставляя (24) в соотношение (23), получим:

$$\begin{aligned}
 f_{2p} &= \beta_0 \bar{f}_{2p} - \alpha_2 \bar{f}_{2(p+1)} + \sum_{n=2}^{\infty} (\alpha_2 \alpha_{2(n-1)} - \alpha_{2n}) f_{2(n+p)} = \\
 &= \sum_{q=0}^1 \beta_{2q} \bar{f}_{2(q+p)} + \sum_{n=2}^{\infty} (-\beta_2 \alpha_{2(n-1)} - \beta_0 \alpha_{2n}) f_{2(n+p)}, \quad (25)
 \end{aligned}$$

где  $\beta_2 = -\beta_0 \alpha_2$ .

По индукции предположим, что верно равенство:

$$\begin{aligned}
 f_{2p} &= \sum_{q=0}^N \beta_{2q} \bar{f}_{2(p+q)} + \sum_{n=N+1}^{\infty} \left( -\sum_{m=0}^N \alpha_{2(N+1-m)} \beta_{2m} \right) f_{2(n+p)} = \\
 &= \sum_{q=0}^N \beta_{2q} \bar{f}_{2(p+q)} - \sum_{m=0}^N \alpha_{2(N+1-m)} \beta_{2m} f_{2(N+1+p)} - \sum_{n=N+2}^{\infty} \sum_{m=0}^N \alpha_{2(n-m)} \beta_{2m} f_{2(n+p)}. \quad (26)
 \end{aligned}$$

Здесь  $\beta_{2q} = -\sum_{i=0}^{q-1} \alpha_{2(q-i)} \beta_{2i}$ .

По аналогии с (23) представим выражение (21) для  $k = N + 1 + p$  и затем подставим в (26). В результате получим следующее соотношение:

$$\begin{aligned}
 f_{2p} &= \sum_{q=0}^N \beta_{2q} \bar{f}_{2(p+q)} - \sum_{m=0}^N \alpha_{2(N+1-m)} \beta_{2m} \bar{f}_{2(N+1+p)} + \\
 &+ \sum_{m=0}^N \alpha_{2(N+1-m)} \beta_{2m} \sum_{n=N+2}^{\infty} \alpha_{2(n-N-1)} f_{2(n+p)} - \sum_{n=N+2}^{\infty} \sum_{m=0}^N \alpha_{2(n-m)} \beta_{2m} f_{2(n+p)} = \quad (27) \\
 &= \sum_{q=0}^N \beta_{2q} \bar{f}_{2(p+q)} - \sum_{n=N+2}^{\infty} \sum_{m=0}^N \alpha_{2(n-m)} \beta_{2m} f_{2(n+p)},
 \end{aligned}$$

где  $\beta_{N+1} = -\sum_{i=0}^N \alpha_{2(N+1-i)} \beta_{2i}$ .

Таким образом, приведенные выражения (21)–(22) достоверны. После этого рассмотрим подробно соотношение (7). Для выяснения его достоверности, используя выражение (22), найдем обратные операторы  $L_3^{-1}, L_2^{-1}, L_1^{-1}, L_t^{-1}$ :

$$u^{-x_1 x_2 x_3} = \sum_{n=0}^{\infty} \beta_{2n}^0 (\tau D_\tau)^{2n} \bar{u}_i = L_t^{-1}(\bar{u}_i), \quad (28)$$

$$\bar{u}_i^{-x_2 x_3} = \sum_{n_1=0}^{\infty} \beta_{2n_1}' (l_1 D_1)^{2n_1} \bar{u}_i^{-x_1 x_2 x_3} = L_1^{-1}(\bar{u}_i^{-x_1 x_2 x_3}), \quad (29)$$

$$\bar{u}_i^{-x_3} = \sum_{n_2=0}^{\infty} \beta_{2n_2}^2 (l_2 D_2)^{2n_2} \bar{u}_i^{-x_2 x_3} = L_2^{-1}(\bar{u}_i^{-x_2 x_3}), \quad (30)$$

$$u_i = \sum_{n_3=0}^{\infty} \beta_{2n_3}^3 (l_3 D_3)^{2n_3} \bar{u}_i^{-x_3} = L_3^{-1}(\bar{u}_i^{-x_3}). \quad (31)$$

Отсюда получим: 
$$\begin{aligned}
 u_i &= L_3^{-1} (L_2^{-1} (L_1^{-1} (L_t^{-1} (\bar{u}_i)))) = \\
 &= \sum_{n_0, n_1, n_2, n_3=0}^{\infty} \beta_{2n_0}^0 \beta_{2n_1}^1 \beta_{2n_2}^2 \beta_{2n_3}^3 [(\tau D_\tau)^{2n_0} (l_1 D_1)^{2n_1} (l_2 D_2)^{2n_2} (l_3 D_3)^{2n_3}] \bar{u}_i, \quad (32)
 \end{aligned}$$

где  $\beta_{2n_j}^j = \sum_{m=0}^{n_j-1} \frac{\beta_{2m}^j}{(2(n_j - m) + 1)}$ ,  $j = 0, 1, 2, 3$ ;  $n_0 = n$

Подставив (32) в формулы для турбулентного напряжения (12), получим искомое выражение (7). Следовательно, если  $l_i = const$  или во всяком случае  $l_i = l_i(Z)$  (известные эмпирические параметры), то система уравнений для осредненных гидродинамических моделей (6) формально замыкается выражением для турбулентных напряжений (7).

Далее пусть  $l_i = l_i(\tau, x)$  и пусть гидродинамические поля и масштабы осреднения таковы, что приближенно выполняются соотношения:

$$\frac{\partial \bar{f}}{\partial x_k} \approx \frac{\partial \bar{f}}{\partial x_k}; \quad \frac{\partial \bar{f}}{\partial \tau} \approx \frac{\partial \bar{f}}{\partial \tau},$$

тогда выражение (7) остается в силе. В первом случае  $l_i$  имеют смысл масштабов осреднения гидродинамических полей. При решении конкретных задач методом конечных разностей величины  $l_i$  должны быть пропорциональны шагу по времени и пространственным координатам. При экспериментах они имеют обычный смысл осреднения с выбранным масштабом или должны быть пропорциональны «естественному» масштабу осреднения измерительной аппаратуры. Если  $l_i = l_i(\tau, x)$ , то  $l_i$  можно придать смысл пути смещения. В этом случае  $l_i$  представляет собой параметры исследуемого явления, с помощью которых можно «настраивать» гидродинамическую модель под исследуемое явление. Если  $G$  – область определения искомых функций и  $V \subset G$ , то тензор напряжений  $\xi_{x_i x_j}$  вырождается на границе. Поэтому для решения конкретных задач на твердой границе требуется столько краевых (граничных) условий, сколько их потребуется при постановке задачи с использованием уравнений Навье-Стокса. При постановке начальной задачи возможно задание двух вариантов начальных условий:

1. При исследовании начальной стадии турбулентного процесса ( $\tau = 0$ ) следует положить напряжение Рейнольдса равным нулю.

2. При развитом турбулентном движении среды  $l_0 \equiv \tau \neq 0$ , поэтому в начальный момент времени кроме задания полей  $u_1, u_2, T$  необходимо задавать поля  $\xi_{x_i x_j}$  и  $\xi_{x_i T}$ .

Выделим в выражении (10) члены с первыми и вторыми производными:

$$\xi_{x_i x_j} \approx -\frac{l_k^2}{3} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_k} \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_k} - \frac{l_k^4}{45} \frac{\partial^2 \bar{u}_i}{\partial x_k^2} \frac{\partial^2 \bar{u}_j}{\partial x_k^2} - \frac{l_{k_1}^2 l_{k_2}^2}{36} \frac{\partial^2 \bar{u}_i}{\partial x_{k_1} \partial x_{k_2}} \cdot \frac{\partial^2 \bar{u}_j}{\partial x_{k_1} \partial x_{k_2}}, \quad k_1 \neq k_2. \quad (33)$$

Если осреднять искомые функции только по координате  $x_3$  ( $\tau = l_1 = l_2 = 0$ ) и, следуя теории Прандтля о пути смещения [1], положить  $u'_3 : u'_1$ , то для плоскопараллельного потока турбулентного движения напряжение  $\xi_{x_1 x_3}$  примет вид:

$$\xi_{x_1 x_3} = \frac{l_3^2}{3} \left( \frac{\partial \bar{u}_1}{\partial x_3} \right)^2 \left[ 1 + \frac{l_3^2}{15} \left( \frac{\partial^2 \bar{u}_1}{\partial x_3^2} \right)^2 \cdot \left( \frac{\partial \bar{u}_1}{\partial x_3} \right)^{-2} \right]. \quad (34)$$

Если  $1 + \frac{l_3^2}{15} \left( \frac{\partial^2 \bar{u}_1}{\partial x_3^2} \right)^2 \cdot \left( \frac{\partial \bar{u}_1}{\partial x_3} \right)^{-2} = 1,$  (35)

то выражение (29) совпадает с формулой Прандтля для турбулентных напряжений Рейнольдса. Если следуя Карману [2], положить:

$$l_3 = \chi \frac{\partial \bar{u}_1}{\partial x_3} \cdot \left( \frac{\partial^2 \bar{u}_1}{\partial x_3^2} \right)^{-1}, \quad (36)$$

то получим:

$$\tau_{x_1 x_3} = \frac{\chi^2}{3} \left( 1 + \frac{\chi^2}{15} \right) \cdot \left( \frac{\partial \bar{u}_1}{\partial x_3} \right)^4 \cdot \left( \frac{\partial^2 \bar{u}_1}{\partial x_3^2} \right)^{-2}, \quad (37)$$

где  $\chi$  – постоянная Кармана.

Выражение (32) по форме совпадает с полуэмпирической формулой Кармана. Таким образом, получено осреднение исходной системы уравнений гидродинамики для расчета движения рабочих сред в биологических системах в предположении, что все гидродинамические характеристики являются регулярными функциями координат и времени. Также показано замыкание осредненной системы уравнений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидродинамика. – М., 1965.
2. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидродинамика. – М., 1968.

# ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 002:59

## СПАМ: ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ЕГО РАСПРОСТРАНЕНИЮ

*В.В. Арутюнов,  
д-р техн. наук,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: warut698@yandex.ru*

**Аннотация.** В статье рассмотрены современные виды спама и его количественные показатели; ряд программных продуктов по борьбе с ним; страны мира, принимающие законодательные ограничения по распространению спама.

**Ключевые слова:** спам, защита информации, информационная безопасность, социальная сеть.

**Abstract.** An article presents analysis of the modern types of spam and its quantitative indicators, a number of software products to fight with him; the countries of the world, taking legislative restrictions on the counteraction of spam.

**Keywords:** spam, data security, information security, social network.

Термин SPAM появился еще в 1937 г. – так назывались свиные консервы компании Hornel Foods (Shoulder of Pork and HAM – «свиные лопатки и окорока»). Отравления этим продуктом и последовавшие затем скандалы практически навсегда связали слово «спам» с беззащитным и безответственным рекламированием зачастую не вполне доброкачественного товара. В настоящее время спам можно определить как нелегальную массовую рассылку по электронной почте рекламных и других не интересующих получателя материалов.

В наше время, практически за 10–15 лет, спам превратился из легкого раздражающего фактора в одну из самых серьезных угроз информационной безопасности. Непрошенные почтовые сообщения переполняют индивидуальные почтовые ящики пользователей и парализуют работу корпоративных серверов. Зачастую пользователи просто не обращают внимания на сетевую рекламу, ежедневно удаляя такие сообщения из своих почтовых ящиков. На самом деле

пагубность таких рассылок заключается в том, что стоимость их для спамера практически ничтожна, при этом они дорого обходятся всем остальным – как получателю спама, так и его провайдеру. Большое количество рекламной корреспонденции может привести к излишней нагрузке на каналы и почтовые серверы провайдера, из-за чего обычная почта, которую, возможно, очень ждут получатели, будет проходить значительно медленнее. Спамер практически не платит значительных сумм за то, что передает свои сообщения. За все расплачивается получатель спама, оплачивающий своему провайдеру время в сети Интернет, затрачиваемое на получение непрошенной корреспонденции с почтового сервера. При этом в высокоразвитых странах процент спама в электронной почте и убытки от него существенно выше, чем в странах, только приступивших к освоению сети Интернет.

По данным британской компании MessageLabs, в декабре 2003 г. спам составил ~63% электронной почты, а к началу 2004 г. возрос до 70%. Доля спама уже в 2004 г. составляла не менее 60% общего объема электронной почты, как сообщало агентство Gartner. По данным российской Национальной коалиции против спама, в 2005 г. письма спамеров составляли до 70% объема электронной почты в мире – это 20 млрд писем ежедневно. По некоторым оценкам, ущерб во всем мире от действий спамеров в 2005 г. достиг 9–10 млрд долларов, а в России – 300 – 400 млн долларов. Согласно данным отчета (2008 г.) Marshal Threat Research and Content Engineering (TRACE), каждый час в мире рассылается около 7,8 млрд писем, содержащих спам.

Для «зомбирования» домашних компьютеров, проводимого с целью подготовки их для рассылки спама, используются компьютерные вирусы (обычно «почтовые черви»), такие как Sobig (2003 г.), Sinit, Fizzer, MyDoom и др. Инфицированные компьютеры (таковых может оказаться сотни тысяч) образуют так называемую бот-сеть, через которую идет рассылка спама; при этом владельцы компьютеров могут и не подозревать об использовании последних в этих операциях спамеров.

Абоненты операторов мобильной связи в последнее время становятся для спамеров, взламывающих Интернет-сайты операторов и рассылающих через них нелегальные объявления и SMS-сообщения, гораздо более привлекательной аудиторией, чем даже пользователи Интернета (в России, например, в начале 2011 г. число мобильных телефонов в три раза превысило число пользователей сети Интернет).

Известны следующие способы рассылки мобильного спама:

- взлом SMS-шлюзов операторов в Интернете;
- рассылка SMS вручную с мобильного телефона, номер которого не определяется;
- сообщения самих операторов, «агрессивно» рекламирующих свои услуги.

В России эпидемия мобильного спама – рассылки непрошенных сообщений на мобильные телефоны – может оказаться довольно опасным делом, в том числе и из-за широкого распространения в стране мобильной телефонии (если в 2006 г. в России было 140 млн мобильных телефонов, то в 2010 г. – уже 180 млн).

Наиболее распространенные виды спама в настоящее время – это: реклама (в том числе реклама незаконной продукции); так называемые «нигерийские письма» для выманивания различными способами денежных средств; фишинг – когда спамеры пытаются выманить у получателя письма тем или иным способом номера его кредитных карточек или пароли доступа к системам онлайн-платежей; рассылка писем религиозного содержания; массовая рассылка писем для вывода из строя почтовой системы; рассылка писем, содержащих компьютерные вирусы или душеспасительную историю о необходимости оказания срочной помощи и некоторые другие.

Большинство из существующих программ для борьбы со спамом фильтруют входящие в почтовый ящик сообщения. Это удобно по двум причинам. Во-первых, с помощью этих программ можно не перекачивать с сервера ненужные письма. Во-вторых, они позволяют организовать сортировку остальной корреспонденции.

Надо отметить, что возможности сортировки сообщений сейчас заложены в большинстве почтовых программ. Главное отличие антиспамерских программ от этой сортировки – заложенная в программу база данных почтовых адресов спамерских компаний. Это позволяет в большинстве случаев с высокой вероятностью отделить спам от истинной почты. В антиспамерских программах заложено большое количество predefined фильтров, отсеивающих почту со спамерским содержанием. Кроме того, антиспамерские фильтры удобны для тех, кто пользуется почтовым клиентом без возможностей фильтрации.

В числе антиспамерских программных продуктов можно отметить следующие: Agava Spamprotexx, «Спамооборона» от компании Яндекс,

Анти-Спам в составе Kaspersky Internet Security – антивирусного программного комплекса компании «Лаборатория Касперского» и некоторые другие.

Анти-Спам, например, в виде модуля расширения встраивается в почтовые клиенты Microsoft Office Outlook, The Bat! и Thunderbird. Путем формирования списков запрещенных и разрешенных отправителей можно указать Анти-Спаму, письма с каких адресов следует считать полезными, а с каких – спамом. Кроме того, Анти-Спам может анализировать сообщение на наличие разрешенных и запрещенных фраз, а также фраз из списка нецензурных выражений. Чтобы Анти-Спам эффективно распознавал спам и полезную почту, его следует обучить (обычно примерно на 50 письмах). Анти-Спам использует самообучающийся алгоритм, позволяющий с течением времени более точно различать спам и полезную почту. Источником данных для алгоритма является содержимое письма.

В отличие от России, где практически отсутствует правовая основа для борьбы со спамом, страны Европейского Союза активно противодействуют его распространению. Так, в Норвегии с 2003 г. разрешена рассылка рекламы по электронной почте и посредством SMS-сообщений только с предварительного согласия получателей; в Финляндии обязательно предварительное согласие физического лица на получение рекламной информации; в Дании запрещена реклама путем направления массовых рассылок.

Первым штатом США, принявшим законодательный акт по ограничению спама, стала Невада. Еще в 1997 г. в Неваде был принят закон, в соответствии с которым было ограничено направление незапрошенных коммерческих электронных писем. В течение последующих пяти лет аналогичные законы были приняты почти во всех штатах. В 2003 г. в США был принят федеральный закон CAN-SPAM Act of 2003 (закон о запрете спама).

Пожалуй, единственной страной, которая с гордостью может заявить об эффективности своего антиспамерского законодательства, является Австралия. В этом государстве соответствующий закон действует с 2003 г. Согласно ему компании, занимающиеся рассылкой спама, могут подвергаться штрафам до 1,1 млн австралийских долларов (около 800 тыс. долл.) за каждое нежелательное письмо, отправленное по множеству адресов. Некоторые австралийские спамеры сразу же после вступления в силу этого закона предпочли перенести свою деятельность в



более безопасные регионы. В результате Австралия переместилась в рейтинге стран-спамеров с 10-го на 23-е место.

В заключение следует отметить некоторые результаты выполненного в 2011 г. исследования около 90 млн пользователей социальных сетей в 72 странах. По итогам анализа выявлено, что до 40% всех аккаунтов «ВКонтакте», Facebook и других ресурсов – поддельные, нацеленные на рассылку спама или воровство информации. При этом если раньше злоумышленники пользовались исключительно электронной почтой, то сейчас они скупают эти поддельные аккаунты в социальных сетях ради легкой наживы. При этом если в середине 2010 г. 100 персонализированных страничек в Facebook для рассылки спама можно было купить за 135 долл., то в 2011 г. цена упала до 15 долл. Около 30% всех любителей такого заработка живут в России. Это первый результат в мире – на 2% впереди США, серебряного призера антирейтинга. Четверку «отличников» спама и зараженных ссылок замыкают Филиппины (14%) и Иран (5%).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Губайловский В. WWW-обозрение: О спама // Новый мир. 2003. № 11.
2. Земсков А.И., Шрайберг Я.Л. Электронная информация и электронные ресурсы. – М., 2007.
3. Иванов В. Технология Спамтест. Описание технологии. <http://www.spamtest.ru/technology-e.html>.
4. Маринин С.А. Борьба со спамом и вирусами. – М., 2007.

УДК 004.931

## НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

*К.Н. Колюцкий,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: kolucki.k@mail.ru*

---

**Аннотация.** В статье предлагается подход для обнаружения в информационной системе неизвестного субъекта. Приведены программа имитации нарушителя и нейросетевой алгоритм, фиксирующий аномальное поведение.

**Ключевые слова:** аномальное поведение, нейронная сеть, таблица обучения.

**Abstract.** This article offers a way for detection an unknown user in information system. The article shows an imitation program of unauthorized access and neuronet approach for detection it.

**Keywords:** anomaly behavior, neural network, table of learning.

---

Организовать абсолютную защиту корпоративной информационной системы, если она предназначена для пользователей, невозможно. Сетевые и информационные технологии постоянно меняются, при этом традиционные средства защиты (средства разграничения доступа, межсетевые экраны и так далее) не в состоянии обеспечить достаточную защиту. В последние годы на передний план выходят системы обнаружения атак (intrusion detection system), преследующие цель выявить вторжение в систему на начальном ее этапе. В связи с развитием информационных технологий сложность атак возрастает. Это происходит потому, что в Интернете распространяются системные программы, предназначенные для специалистов, но в руках нарушителей эти программы становятся средствами взлома сетей.

Сегодня известны два основных метода обнаружения атак: сигнатурный и поведенческий. Сигнатурный метод наиболее востребован и основан на обнаружении атаки по известным сигнатурам, хранящимся в базе данных сигнатур. Его очевидные недостатки – невозможность обнаружить атаку, отсутствующую в базе данных, и пропуск модифицированных атак. Но, если модифицированные атаки можно обнаруживать, используя ал-

горитмы, обладающие свойством обобщения, то неизвестную, не встречавшуюся ранее атаку этим методом обнаружить принципиально невозможно. Решением проблемы стало появление в последнее время систем, использующих для обнаружения атак подхода, основанного на выявлении аномального поведения пользователей. Выявление аномального поведения в системе можно осуществлять за счет использования системы распознавания с учителем. В принципе, системы классификации, основанные на различных моделях, могут использоваться в поведенческих системах. В данной работе исследуются возможности нейронной сети.

На языке C# создана программная модель, работающая в двух режимах: режим обучения и режим экзамена (выявление аномалий). Режим обучения можно разделить на два этапа. На первом этапе режима обучения осуществляется построение профилей пользователей (формирование обучающего множества). Сама по себе это трудно формализуемая и затратная по времени задача. Профили пользователей могут формироваться на основе параметров сетевых соединений, использующих стек протоколов TCP/IP. Каждый пользователь, с точки зрения модели, это класс распознавания. Изменения в поведении пользователя от сеанса к сеансу отражаются конкретными представителями класса (объектами). Каждый объект класса это вектор, компоненты которого являются усредненными значениями параметров сетевого трафика за некоторый промежуток времени. В модели, в интересах профилей пользователей, строится таблица обучения, представленная ниже.

Класс распознавания	Объект	Усредненные сетевые параметры (первичные признаки)				
1	1.1	$H_{11}$	...	$H_{11}$	...	$H_{n1}$
	1.2	$H_{12}$	...	$H_{12}$	...	$H_{n2}$
	1.3	$H_{13}$	...	$H_{13}$	...	$H_{n3}$
2	2.1	$H_{14}$	...	$H_{14}$	...	$H_{n4}$
	2.2	$H_{15}$	...	$H_{15}$	...	$H_{n5}$
	2.3	$H_{16}$	...	$H_{16}$	...	$H_{n6}$
3	3.1	$H_{17}$	...	$H_{17}$	...	$H_{n7}$
	3.2	$H_{18}$	...	$H_{18}$	...	$H_{n8}$
	3.3	$H_{19}$	...	$H_{19}$	...	$H_{n9}$

В модели таблица обучения строилась для 5 классов распознавания (5 пользователей), 7 представителей каждого класса (сеансов для каждого пользователя) и 40 значений признаков. Профиль каждого

пользователя (значения параметров в строке таблицы) формировался в диапазоне значений от нескольких десятков до нескольких тысяч при помощи генератора случайных чисел. Затем профиль «расшатывался» внутри класса для формирования сеансов пользователя. Каждая строка таблицы обучения представляет собой сеанс некоторого пользователя. Программно таблица обучения представляет собой динамический массив из 35 элементов (5 x 7), каждый из которых это вектор признаков, характеризующий некоторый сеанс одного из пользователей. Построением таблицы обучения заканчивается первый этап режима обучения.

На втором этапе режима обучения обучающее множество многократно предъявлялось нейронной сети (тысячи итераций) до момента, пока вектор ошибок не станет меньше некоторого значения. В каждой итерации осуществляется прямой и обратный проход сети. Прямой проход устанавливает наблюдаемый выходной вектор. Обратный проход корректирует значения весовых коэффициентов сети. В итоге сеть получает представление о пользователях системы.

Режим экзамена заключается в предъявлении сети как легальных субъектов, так и «нарушителя». Предъявление легальных субъектов заключалось в подаче на вход сети строк из обучающего множества с предварительным «расшатыванием» признаков (10–20%). Сеть отлично классифицировала входные данные, проявляя способность к обобщению. Например, выходной вектор сети при подаче на вход «расштанного» объекта первого класса был равен:

Выход 1 класса	Выход 2 класса	Выход 3 класса	Выход 4 класса	Выход 5 класса
0,977	0,020	0,012	0,002	0,001

Имитация нарушителя в модели заключалась в формировании вектора со случайными значениями из того же диапазона значений параметров (признаков), что и при формировании обучающего множества. В модели был организован цикл из 10 000 итераций, в каждой из которых вектор нарушителя (каждый раз с новыми случайными значениями) поступал на вход нейронной сети. В подавляющем числе итераций сеть не относила данный вектор ни к одному из классов. Например, ниже представлен выходной вектор сети в одной из итераций:

Выход 1 класса	Выход 2 класса	Выход 3 класса	Выход 4 класса	Выход 5 класса
0,002	0,027	0,039	0,009	0,003

В модели измерялось евклидово расстояние от неизвестного вектора до векторов легальных пользователей. Для описываемой итерации значения расстояний до классов из таблицы обучения представлены ниже:

Номер класса	1	2	3	4	5
Расстояние	14	13	12	11	11

В отдельных итерациях неизвестный вектор принимал значения соответствующие легальному поведению, что фиксировалось в модели по значению выходного вектора, например:

Выход 1 класса	Выход 2 класса	Выход 3 класса	Выход 4 класса	Выход 5 класса
0,0081	0,971	0,0001	0,015	0,003

Значения расстояний от неизвестного вектора до классов таблицы обучения приведено ниже:

Номер класса	1	2	3	4	5
Расстояние	14	8	15	13	13

Если входной вектор не соответствует представлениям нейронной сети о легальном пользователе, то это отразится в небольших значениях всех компонентов выходного вектора сети. Такой вектор не будет классифицирован (будет отнесен к «мусору»), т.е. фактически будет выявлен в системе неизвестный субъект. Нейронная сеть, обученная на легальном поведении, не относит «мусор» ни к одному из классов распознавания. Нарушителю, чтобы остаться незамеченным, необходимо соответствовать всей совокупности признаков из таблицы обучения.

Архитектура сети строилась следующим образом. Размерность входного слоя сети определялась размерностью вектора признаков. Размерность скрытого слоя составляла 40% от числа элементов входного слоя. Количество элементов выходного слоя определяется числом пользователей (5). В качестве функций активности скрытого и выходного слоя использовалась сигмоидальная функция вида  $f(\text{net})=1/(1+e^{-\text{net}})$ , где  $\text{net}$  – комбинированный ввод.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Запечников С.В. Информационная безопасность открытых систем. – М., 2008.
2. Тарков М.С. Нейрокомпьютерные системы. – М., 2010.
3. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. – М., 2001.

УДК 332.14

## ДИНАМИКА И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ГОСУДАРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*А.П. Титов,*  
 канд. техн. наук,  
 Московский финансово-юридический университет МФЮА  
 E-mail: titov.a@mfua.ru

*Е.П. Лебедева,*  
 Московский финансово-юридический университет МФЮА  
 E-mail: griffin5@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлен анализ основных данных ЮНЕСКО по развитию электронных государств.

**Ключевые слова:** электронное государство, электронное правительство, ЮНЕСКО, мониторинг.

**Abstract.** An article presents analysis of specification of UNESCO on development of the E-Government is presented.

**Keywords:** state models, E-Government, E-Governance, UNESCO, monitoring, development of the E-Government.

Принято выделять три основные архитектурные модели строительства электронных государств в разных регионах и странах мира, получившие практическое воплощение в Америке, Европе и Азии. Условно их принято называть: американская модель, которая отражает специфику ее становления в США; европейская, в рамках которой осуществляется развитие электронно-государственных структур в большинстве стран Западной, Центральной и Восточной Европы. Азиатская модель с наибольшим успехом реализуется в Сингапуре и Южной Корее.

Американская модель электронного государства развита в США и Канаде. Программа ее создания в США в первую очередь преследует цель упростить и удешевить взаимодействие граждан и представителей бизнеса с государственными структурами, а также сделать возможным их прямое общение с гражданами. Американское правительство постепенно становится крупнейшим потребителем информационных технологий, программных средств в стране.

Европейская модель характеризуется наличием надгосударственных институтов – Европарламент, Еврокомиссия, Европейский суд, рекомендации которых обязательны для исполнения всеми странами ЕС. Поэтому эта модель ориентирована прежде всего на выравнивание условий и координацию деятельности Government для всех стран Европейского Союза.

Азиатская модель опирается на специфический стиль управления, азиатский тип корпоративной культуры и многослойную систему государственного управления, организованного по принципу иерархической пирамиды. Правительство Южной Кореи при формировании модели «электронной демократии» основной акцент сделало на удовлетворение информационных потребностей населения и внедрение информационно-коммуникационных технологий в систему культуры и образования [1; 2].

Последнее исследование компании Taylor Nelson Softres, в ходе которого было опрошено более 28 тыс. человек из 31 страны (Австралии, Канады, США, Японии, Южной Кореи, Турции и целого ряда европейских стран), показало, что число граждан, использующих всемирную сеть для доступа к правительственным сервисам, существенно увеличилось за последние годы, в целом, 30% населения обращается к сайтам различных государственных учреждений [3].

Программа создания электронного правительства во многих странах мира говорит о том, что необходимо развивать информационные технологии как фактор обеспечения эффективного управления государством и предоставления населению качественных социальных услуг.

Мониторинг оценки развития ИКТ и электронного государства представляет собой периодический процесс сбора информации с целью определения того, насколько эффективно осуществляется их развитие, какие при этом происходят изменения и какие издержки сопряжены с указанными процессами [4].

Мониторингу присущи такие характеристики как:

- периодические замеры, по которым можно судить об их динамике;
- систематическое выяснение состояния показателей и использование этой информации по каналам обратной связи для принятия оптимальных управленческих решений;
- выработка и реализация преобразовательных управляющих воздействий на объекты и процессы, которые попадают в зону мониторинга, т.е. мониторинг не сводится лишь к измерительно-оценочной деятельности.

Проведение мониторинга позволяет управляющим органам совершенствовать процесс планирования стратегических решений и корректировать

проводимую политику в случае возникновения ошибок, различных ограничений и т.д. Задача мониторинга состоит в отслеживании изменений, которые происходят с течением времени в ресурсах, процессах и конечных результатах, при помощи создания системы регулярной отчетности [4].

Система мониторинга позволит также провести анализ динамики развития ИКТ и электронного государства в различные периоды времени, выстраивать долгосрочные прогнозы дальнейшего развития для достижения стратегических целей и позволит обеспечить такую важную составляющую процесса управления, как контроль за исполнением программы и большую эффективность работы правительства на всех уровнях. Также система мониторинга позволит повысить доверие граждан к нововведениям, т.к. результаты рейтингов будут находиться в публичном доступе, что обеспечит прозрачность и подотчетность работы правительства [4].

Для анализа уровня развития используется индекс развития электронного государства  $I_{GD}$  (Government development index), который является агрегированным и рассчитывается на основе трех основных индексов, отражающих наиболее значимые, аспекты:

**Телекоммуникационный индекс**  $I_{TC}$  отражает уровень развития информационно-коммуникационной инфраструктуры. При расчете данного индекса учитываются: уровень проникновения персональных компьютеров, уровень проникновения Интернета, уровень телефонизации, уровень проникновения мобильной связи и уровень проникновения широкополосного доступа.

**Индекс развития человеческого капитала**  $I_{PC}$  фиксирует способность «переварить» предлагаемые в рамках электронного правительства услуги. Данный индекс рассчитывается на основе уровня грамотности взрослого населения и соотношения лиц с неполным средним, средним и высшим образованием.

**Индекс развития электронных услуг**  $I_{WM}$  (online-service index; в 2008 г. – web-measure index). Расчет данного индекса представляет особый интерес, т.к. именно он непосредственно отражает уровень развития структур электронного правительства. Для его составления эксперты проводят анализ сайтов/порталов правительства соответствующей страны, а также сайтов/порталов министерств, непосредственно отвечающих за развитие человеческого капитала: здравоохранения, образования, социальной защиты, труда и финансов. Услуги оцениваются на основе разработанной пятиступенчатой «пирамиды эволюции электронного государства».

В 2010 г. в отличие от предшествующих лет при расчете рейтинга развития электронного правительства стала учитываться и степень соответствия сайта требованиям Международного стандарта доступности веб-контента (Web-Content Accessibility Guidelines), разработанного World Wide Web Consortium – некоммерческой организацией, занимающейся разработкой стандартов для Сети [5].

Впервые стало учитываться наличие war-версий, обеспечивающих доступ на сайт/портал с мобильного телефона, интерактивных инструментов, разработанных в рамках Web 2.0. и т.п.

За каждый положительный ответ, свидетельствующий о наличии услуги или ее соответствии международному стандарту, стране начислялся балл. Затем количество баллов делится на общее количество пунктов, по которым осуществляется оценка (в 2010 г. – 403 пункта). Получившийся результат и есть индекс развития электронных услуг.

Итоговый агрегированный рейтинг развития электронного государства рассчитывается по формуле [6]:

$$I_{GD} = I_{WM} \times 0,34 + I_{TC} \times 0,33 + I_{PC} \times 0,34.$$

Дополнительно существует индекс электронного участия, отражающий качество взаимодействия органов власти и граждан. Он определяется по трем основным параметрам:

- «электронное информирование» граждан о действиях власти;
- «электронное консультирование», т.е. организация форумов, дискуссий, блогов и других площадок, где граждане и представители власти могли бы обмениваться мнениями;
- «электронное принятие решений», т.е. учет итогов «электронного консультирования» в процессе принятия решений и информирование граждан о том, какие решения были приняты по итогам обсуждения.

Из анализа отчетов ЮНЕСКО выберем пять стран по следующему алгоритму. Возьмем Российскую Федерацию и две страны, находящиеся в непосредственной близости от нее: Андорра и Саудовская Аравия. Оставшиеся две страны выберем исходя из условия, что страны находятся на 13 позиций выше и ниже РФ. Такими странами являются Казахстан и Китай. Выборка производилась из статистики 2010 г. Позиции развития электронных государств, приведены на рис. 1 в первой колонке [7; 8; 9; 10; 11].

Из рис. 2 видно, что среди выбранных пяти государств, самое бурное развитие происходило в Андорре, Остальные страны развивали свои электронные государства практически без существенных скачков.

E-government development index		2003	2004	2005	2008	2010
46	Казахстан	0,387	0,4344	0,45	0,4743	0,5578
57	Андорра	0,174	0,1563	0,2519	0,5175	0,5148
58	Саудовская Аравия	0,338	0,3858	0,3769	0,4935	0,5142
59	Российская Федерация	0,443	0,5017	0,4538	0,512	0,5136
72	Китай	0,416	0,4356	0,5692	0,5017	0,47

Рис. 1. Данные ЮНЕСКО индекса развития электронных государств за 2003–2010 гг.

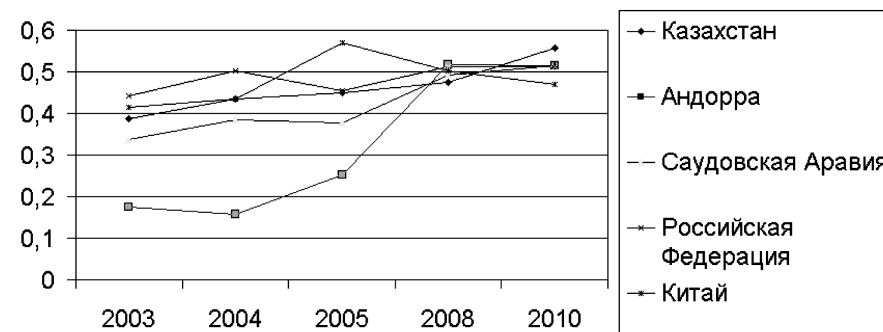


Рис. 2. Динамика развития электронных государств за 2003–2010 гг.

Для дальнейшего анализа оставим три государства: Российская Федерация, Китай и Казахстан. Проведем интерполяцию данных с помощью полинома 3-й степени (рис. 3; 4; 5) и, используя экстраполяцию данных, посмотрим развитие отобранных стран в 2012 г. Сделаем небольшое допущение, статистические данные за 2005 г. будем считать статистическими данными на начало 2006 г. Это позволило взять данные с 2004 г. по 2010 г. с шагом 2 года.

В условиях глобального кризиса, когда многие государства пытаются экономить бюджетные средства внедрение проекта электронного государства является отличным инструментом для экономии, контроля и управления реальными государствами. Снижение уровня коррупции во власть имущих кругах – глобальный шаг на пути централизации управления.

Даже государства с развитыми электронными государствами, такие как США и Канада, не останавливаются на достигнутом уровне и развивают свои проекты все дальше.

К большому сожалению, Российская Федерация слишком много говорит о необходимости развития электронного государства, но на самом деле развитие практически стоит на месте, а на фоне динамично

развивающихся других стран начинает откатываться на более низкие позиции в развитии.

Из рис. 7 видно, что при таких затратах на развитие электронного государства, как сейчас, в среднем году (2012) РФ рискует выйти из сотни развитых электронных государств, пропустив вперед такие государства, как Ирак и Конго.

Концепция электронного государства должна решить такие проблемы, как повышение эффективности государственного управления и снижение коррупции. Оно должно стать элементом более масштабных реформ, направленных на реформирование государственного управления, повышение качества государственных услуг и ориентацию на клиента. Только в результате таких преобразований возможна реализация положительного потенциала электронного государства для управления всех уровней – как федерального, так регионального и местного.



Рис. 3. Интерполяция данных для Казахстана



Рис. 4. Интерполяция данных для РФ

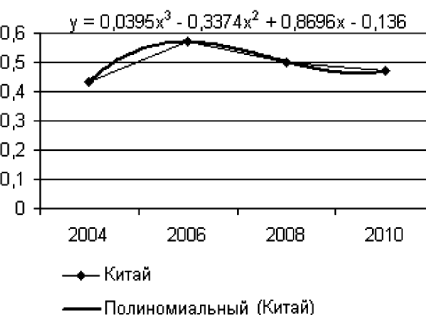


Рис. 5. Интерполяция данных для Китая

	2004	2006	2008	2010	2012
Казахстан	0,4344	0,45	0,4742	0,5574	0,75
Российская Федерация	0,5018	0,4542	0,513	0,5156	0,2994
Китай	0,4357	0,5696	0,5027	0,472	0,7145

Рис. 6. Аппроксимация данных ЮНЕСКО и данные экстраполяции на 2012 г.

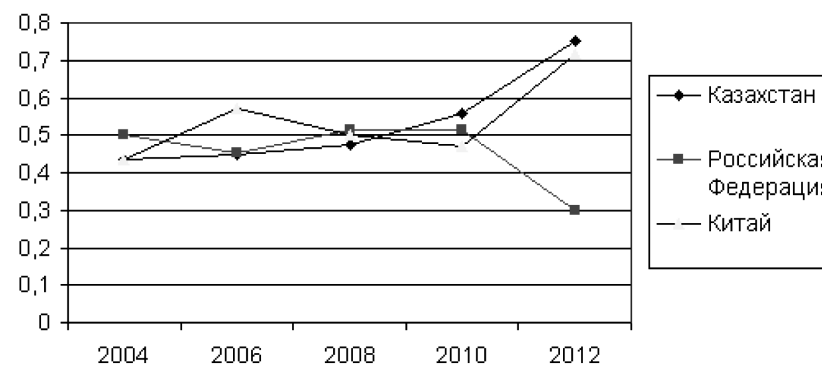


Рис. 7. Прогноз развития электронных государств на 2012 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сергиев В. Демократия «по Интернету». <http://www.svobodainfo.org>
2. Кожженов С. Электронное правительство: государственные услуги без бюрократических преград. <http://www.inform.kz>
3. Дрожжинов В., Штрик А. Электронные правительства США и Канады: новые рубежи. <http://pcweek.ru/?ID=606339>
4. Методика оценки национального рейтинга центральных и местных исполнительных органов республики Казахстан в аспекте развития «электронного правительства». – Астана, 2010.
5. Web-Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. <http://www.w3.org/TR/WCAG20>
6. United Nations E-Government Survey 2010: Leveraging E-Government at a Time of Financial and Economic Crisis. UN Department of Economic and Social Affairs. 2010.
7. World Public Sector Report 2003: E-Government at the Crossroads. United Nations, New York, 2003.
8. UN GLOBAL E-GOVERNMENT. READINESS REPORT 2004. TOWARDS ACCESS FOR OPPORTUNITY. United Nations, New York, 2004.
9. UN Global E-government. Readiness Report 2005. From E-government to E-inclusion. United Nations, New York, 2005.
10. E-Government Survey 2008. From e-Government to Connected Governance. United Nations, New York, 2008.
11. E-Government Survey 2010. Leveraging e-government at a time of financial and economic crisis. United Nations, New York, 2010.

УДК 20.23.21

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ СПРАВОЧНЫХ ПРАВОВЫХ СИСТЕМ

Ю.Е. Ульянова,  
ЗАО «КонсультантПлюс»  
E-mail: info@consultant.ru

**Аннотация.** В статье представлены новые поисковые инструменты в справочно-правовых системах.

**Ключевые слова:** справочно-правовые системы, путеводители.

**Abstract.** This article presents the new finding power in system of jus.

**Keywords:** The system of jus, guides.

Справочная правовая система (СПС) – это компьютерная база данных, содержащая информацию по законодательству, судебной практике и т.д. и одновременно – это удобное средство поиска и анализа большого объема информации.

Активно развиваться в нашей стране справочные правовые системы начали на рубеже 80-х и 90-х годов XX века.

Отрасль СПС в России – одна из немногих высокотехнологичных и динамично развивающихся отраслей. Здесь за 20 лет созданная практически с нуля. Отрасль, в которой представлены исключительно российские разработки, которые не только не уступают зарубежным аналогам, но во многом превосходят их.

На первом этапе своего развития справочные правовые системы удовлетворяли основную потребность пользователей – потребность в получении правовой информации, т.е. СПС рассматривались прежде всего как источник получения информации. Такую цель – найти и распечатать (либо сохранить) конкретный нормативный документ – ставили перед собой 95% пользователей СПС.

На втором этапе существенной стала та часть пользователей, которых интересовало решение базовых аналитических задач, т.е. появилась необходимость не просто найти документ, но и эффективно с ним работать. На этом этапе в СПС появляются такие возможности, как анализ конкретного документа, поиск подборки документов по заданному вопросу.

Наконец, на третьем, современном этапе появилось большое количество специалистов, решающих с помощью СПС аналитические задачи профессионального уровня. В настоящее время на первый план для разработчиков СПС выходят задачи предоставления пользователям всего спектра правовой информации (прежде всего авторской информации и судебной практики), задачи проведения предварительной экспертной обработки информации и создания на ее основе специальных аналитических материалов и инструментов поиска.

Основные тенденции развития справочных правовых систем в последнее время связаны с лавинообразным ростом информации. Когда 20 лет назад появились новые системы поиска информации, в них было всего 1300 документов. Сегодня информационный массив «КонсультантПлюс» охватывает свыше 6,5 млн документов. Работать с этим потоком информации становится все сложнее и сложнее.

В условиях увеличивающихся объемов правовой информации разработчики СПС все большее внимание уделяют вопросам экспертной обработки информации, ее систематизации, вопросам создания новых специальных инструментов для того, чтобы пользователь мог быстрее и эффективнее находить интересующую его информацию, экономя время для непосредственного анализа.

**Принципиально новым поисковым инструментом в справочных правовых системах «КонсультантПлюс» являются Путеводители.** В Путеводителях содержится ключевая информация и ссылки на документы для решения большинства профессиональных вопросов.

Путеводители постоянно поддерживаются в актуальном состоянии.

В системе «КонсультантПлюс» представлены Путеводители для всех основных групп пользователей: для бухгалтеров, кадровиков, юристов.

Первый Путеводитель появился в 2007 г. и был посвящен вопросам налогообложения. Авторы материалов «Путеводитель по налогам» провели анализ различных документов по налогообложению. Это – нормативные акты и письма профильных министерств и ведомств, судебные решения, консультации и материалы прессы по каждому налогу. Эксперты обобщили и систематизировали эти сведения.

Именно «Путеводитель по налогам» показал, насколько востребована пользователями такая информация. Конечно, подобные сведения

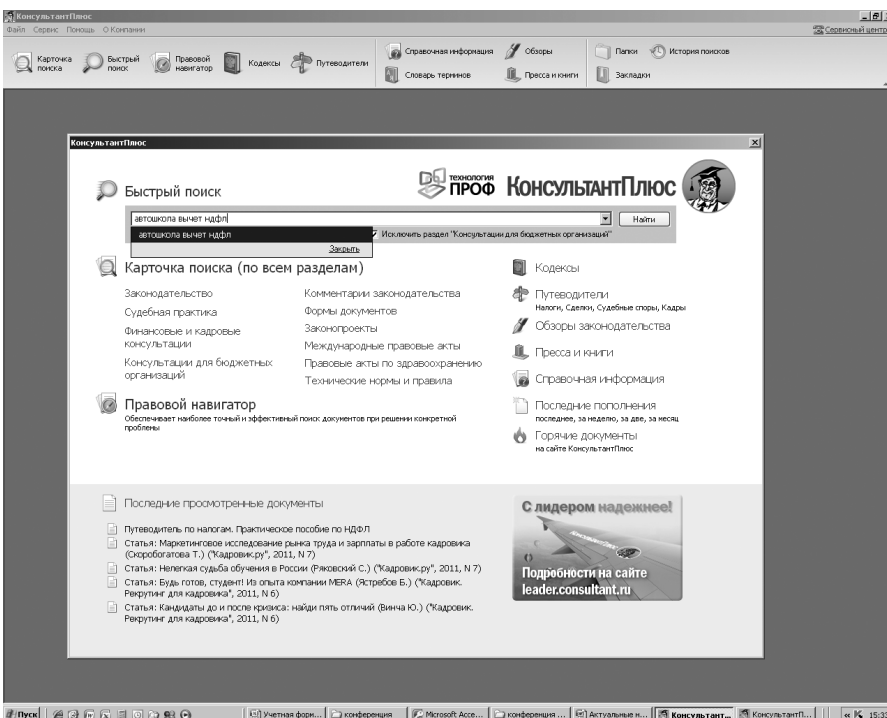
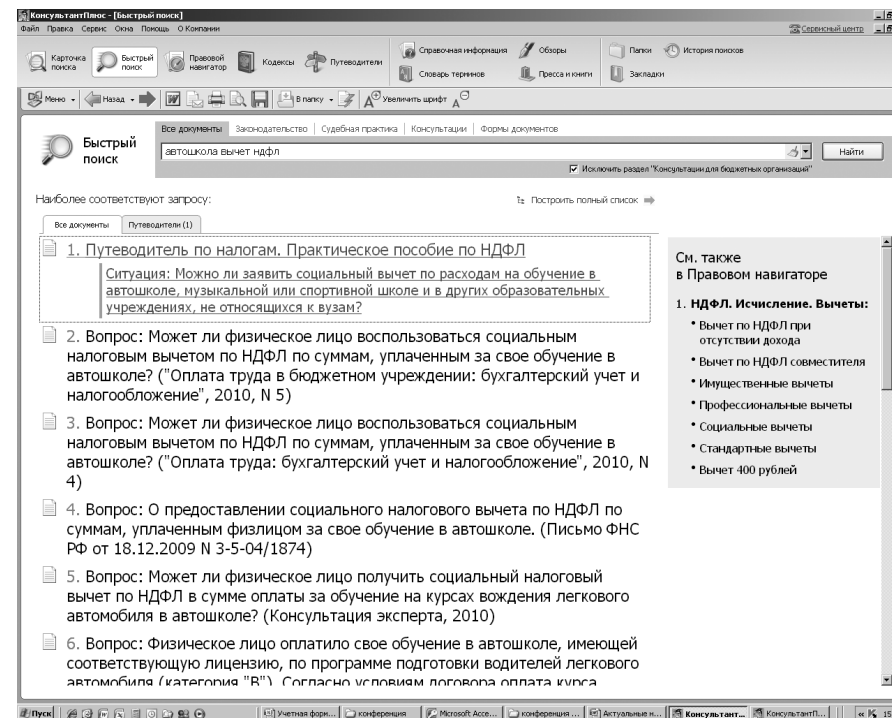
можно получить и из других источников. Есть книги, справочные пособия, журналы и газеты. Но эта информация не обновляется, а, учитывая скорость, с которой у нас меняются законы и принимаются новые документы, это серьезный недостаток.

Пример работы с «Путеводителем по налогам»:

**Вопрос: Выясните, можно ли получить социальный вычет по НДФЛ по расходам на обучение в автошколе.**

**Решение:**

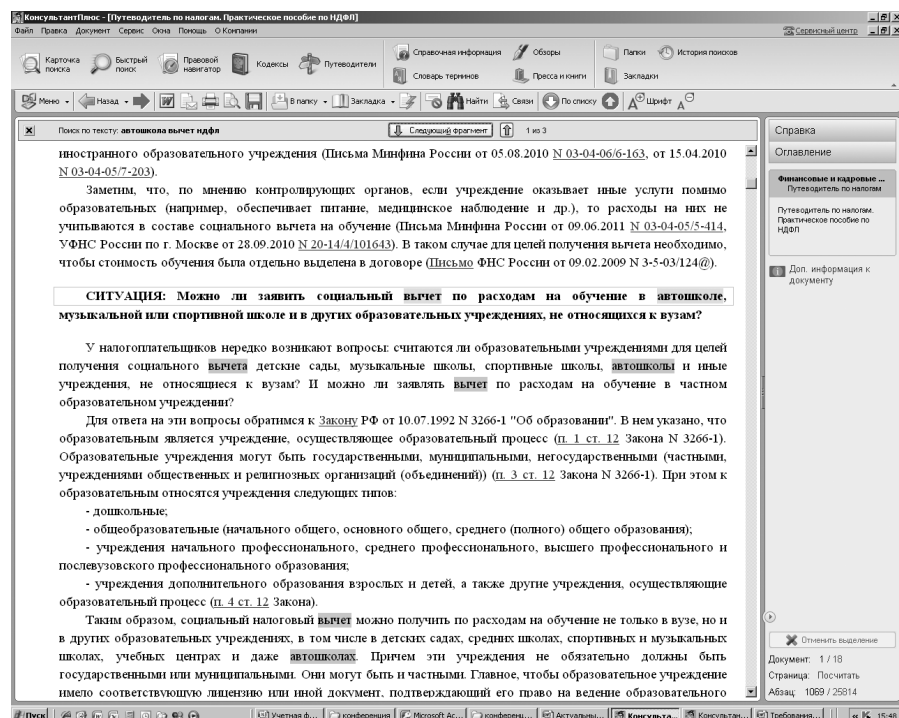
1. Для получения информации по интересующей ситуации воспользуйтесь Быстрым поиском. Для этого в строке Быстрого поиска задайте: **АВТОШКОЛА ВЫЧЕТ НДФЛ** и нажмите кнопку «Найти».



2. В верхней части списка находится «Путеводитель по налогам. Практическое пособие по НДФЛ». Откройте его.

3. Текст практического пособия открывается на пункте «СИТУАЦИЯ: Можно ли заявить социальный вычет по расходам на обучение в автошколе, музыкальной или спортивной школе и в других образовательных учреждениях, не относящихся к вузам?», где подробно рассмотрен интересующий нас вопрос. В частности, указано, что, поскольку согласно Закону РФ от 10.07.92 № 3266-1 «Об образовании» образовательным является любое учреждение, осуществляющее образовательный процесс, социальный налоговый вычет можно получить по расходам на обучение не только в вузе, но и в других образовательных учреждениях включая автошколы; главное, чтобы образовательное учреждение имело соответствующую лицензию или иной документ, подтверждающий его право на ведение образовательной деятельности. Эта позиция подтверждается и разъяснениями контролирующих органов, ссылки на соответствующие письма которых приведены в рассмотренном фрагменте Путеводителя.





Сегодня в системе «КонсультантПлюс» представлены путеводители не только для бухгалтеров, но и для кадровиков и юристов. Они ориентированы на решение самых разных задач.

**Путеводитель по кадровым вопросам** охватывает все основные вопросы по кадрам. Он содержит пошаговые инструкции, практические примеры, рекомендации по сложным ситуациям. В них также представлены образцы заполнения форм (как официальных, так и произвольных) с конкретными формулировками для оформления приказов, трудовых книжек и других документов. При этом создатели путеводителя не злоупотребляют терминологией. Материал изложен простым, понятным языком. Еще один путеводитель – это **Путеводитель по сделкам**. В нем рассмотрены вопросы налогообложения различных сделок, приведены таблицы проводок и практические примеры, нюансы оформления, типовые формы договоров.

**Путеводитель по бюджетному учету и налогам** состоит из практических пособий. В них рассмотрен порядок отражения различных операций по соответствующим счетам бюджетного учета, даны рекомендации по

уплате налогов и взносов, а также информация по размещению госзаказа. Полную информацию о судебной практике по актуальным проблемам применения норм Гражданского кодекса и корпоративного законодательства можно найти в путеводителях для юриста.

**Путеводитель по судебной практике** – это информационный банк, который содержит анализ арбитражной практики по наиболее востребованным гражданско-правовым договорам. Каждый материал посвящен конкретной главе или параграфу ГК. По статьям выделены основные проблемы применения норм. По каждой проблеме представлены выводы из судебной практики. Таким образом, специалист оперативно получает всю необходимую информацию для решения конкретной задачи.

**Путеводитель по корпоративным спорам**. Он содержит анализ судебной практики по вопросам применения корпоративного законодательства. Материалы Путеводителя включают перечень правовых проблем, возникающих на различных этапах деятельности общества, а также список и анализ норм корпоративного законодательства, применимых при разрешении каждой проблемы. В Путеводителе представлены выводы из судебной практики и позиции судов (если тому или иному вопросу суды дают разную оценку).

Еще один юридический путеводитель – **Путеводитель по договорной работе** содержит информацию, необходимую юристу для составления договоров, – особенности условий для каждой стороны, примеры формулировок условий, возможные риски. Информация в Путеводителях обновляется каждый месяц в соответствии с текущей судебной практикой. Узнать о последних изменениях можно с помощью специальных обзоров изменений в начале каждого Путеводителя. Эти новые инструменты позволят пользователям сделать качественный скачок в своей работе. Путеводители помогают не только быстро найти нужные сведения, но и миновать трудоемкий этап изучения огромного массива документов. Для этих материалов эксперты компании «Консультант Плюс» – авторы Путеводителей, заранее отобрали, проанализировали и представили в удобном, компактном виде самую существенную информацию по вопросу, с практическими рекомендациями и выводами и со ссылками на первоисточники.

Таким образом, за специалиста уже сделана сложная, рутинная работа, и он может заняться решением более важных задач.

Развитие поисково-аналитических инструментов, подобных Путеводителям, представляется одним из наиболее перспективных направлений развития справочных правовых систем на ближайшие несколько лет.

---

**ФИЗИКА, ТЕХНИКА,  
ЭЛЕКТРОНИКА**

---

УДК 537.533.9, 519.688, 621.385

## ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАРЯДА НА ПРОЦЕСС ГРУППИРОВАНИЯ В КЛИСТРОНЕ В РАМКАХ «ПРИБЛИЖЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННОГО ПУЧКА»

**А.Ю. Байков,**  
канд. физ.-мат. наук, Московский финансово-юридический  
университет МФЮА  
E-mail: baikov.a@mfua.ru

**О.А. Грушина,**  
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
E-mail: obkv@mail.ru

**М.Н. Стриханов,**  
д-р физ.-мат. наук,  
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
E-mail: MNStrikhanov@mephi.ru

**А.А. Тищенко,**  
канд. физ.-мат. наук,  
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
E-mail: tishchenko@mephi.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается реализация «приближения замороженного пучка» (ПЗП) в комплексе программ KlyP для моделирования мощных клистронов. Выводятся выражения для функции прибытия. Анализируются особенности группирования, которые ранее описывались недостаточно корректно, и определяется влияние этих особенностей на выходные характеристики приборов.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, электронные пучки, СВЧ-приборы, клистроны.

**Abstract.** Realization of «froze beam approach» (FBA) in the program complex KlyP for modeling of powerful klystrons is considered. Expressions for arrival function are deduced. Features of bunching which were described earlier insufficiently correctly are considered, and influence of these features on the output characteristics of devices is analyzed.

**Keywords:** mathematical modeling, electron beams, microwave devices, klystrons.

Широкое применение мощных и сверхмощных многорезонаторных клистронов в промышленности, энергетике и в других областях возможно только при условии, что КПД таких приборов будет близок к 100%.

Для создания клистронов с таким высоким КПД на этапе их проектирования требуется многопараметрическая оптимизация (по 20 и более конструктивным параметрам), что приводит к необходимости большого количества (десятки, даже сотни тысяч) расчетов для одного проекта прибора при очень высоких требованиях к точности этих расчетов.

Эти условия приводят к необходимости разработки математической модели, характеризующейся высокой точностью, широкой областью адекватности и высоким быстродействием.

Математическая модель, сочетающая в себе эти качества, была разработана и названа дискретно-аналитической [1].

Одним из важных компонентов дискретно-аналитической модели клистрона является модель трансформации электронного пучка в трубе дрейфа.

Эта модель реализуется в виде конечных аналитических формул, позволяющих пересчитывать усредненные параметры электронного пучка (плотность, скорость заряда и т.д.) с текущей плоскости на следующую плоскость, отстоящую от текущей на пространственный шаг  $Vz$ .

Такие формулы можно получить исходя из общего уравнения трансформации электронного пучка в узкой трубе [2]

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -\beta_{rel} \frac{e}{m} \int_{-\infty}^{\infty} G(u) \cdot \frac{\partial}{\partial z} \rho(z+u, t) du, \quad (1)$$

где

$$G(u) = \frac{2r_T}{\epsilon_0} \sum_{k=1}^{\infty} \exp\left(-\frac{\sigma_k |u|}{r_T}\right) \cdot \left(\frac{J_1(\sigma_k \alpha)}{J_1(\sigma_k)}\right)^2 \frac{1}{\sigma_k^3} \quad (2)$$

одномерная функция Грина,  $z$  – усредненная по азимуту и радиусу координата электронов пучка,  $\alpha = r_b/r_T$  – отношение радиуса пучка к радиусу трубы,  $e$ ,  $m$  – заряд и масса электрона,  $\epsilon_0$  – диэлектрическая постоянная,  $\rho(z, t)$  – плотность пространственного заряда в зависимости от усредненной координаты и от времени,  $J_1(x)$  – функция Бесселя,  $\sigma_k$  –  $k$ -ый корень функции Бесселя  $J_0(x)$ ,  $u$  – переменная интегрирования,

имеющая смысл усредненной координаты относительно текущего значения,  $\beta_{rel} = \sqrt{1 - v_0^2/c^2}$  – релятивистский фактор.

В работе [3], в приближении ПЗП, были получены выражения для зависимости координаты «усредненной частицы» (продольного дифференциального элемента пучка) от текущего времени  $t$  и лагранжевой координаты  $t_0$ . Эти выражения имеют вид

$$Vz(t, t_0) = v_{01}Vt + \frac{Vv}{\Omega_\Phi} \sin(\Omega_\Phi Vt) - \frac{v_{01}}{\omega} \cdot \frac{\Phi'(\xi_1)}{\Phi''(\xi_1)} (1 - \cos(\Omega_\Phi Vt)), \quad (3)$$

при  $\Phi''(\xi_1) > 0$

$$Vz(t, t_0) = v_{01}Vt + \frac{Vv}{\Omega_\Phi} sh(\Omega_\Phi Vt) - \frac{v_{01}}{\omega} \cdot \frac{\Phi'(\xi_1)}{\Phi''(\xi_1)} (1 - ch(\Omega_\Phi Vt)), \quad (4)$$

при  $\Phi''(\xi_1) < 0$ ,

$$\text{где } \Omega_\Phi^2 = \frac{|\Phi''(\xi_1)|}{2} \cdot v_0^2 \cdot \beta_{rel} \frac{e j_0}{m v_0^3} \cdot \frac{4r_T^2}{\epsilon_0} \sum_{k=1}^{n_s} \left( \frac{J_1(\sigma_k \alpha)}{J_1(\sigma_k)} \right)^2 \frac{1}{\sigma_k^4}, \quad (5)$$

$\omega$  – частота СВЧ-сигнала,  $Vz(t, t_0) = z(t, t_0) - z_1$  – координата усредненной частицы, отсчитанная от текущей плоскости,  $Vt = t - t_1(t_0)$  – время, отсчитанное от времени прибытия усредненной частицы в текущую плоскость,  $Vv = v_1(t_0) - v_{01}$  – переменная составляющая скорости в текущей плоскости,  $v_{01}$  – средняя скорость в текущей плоскости,  $\xi = \frac{\omega z}{v_{01}} - \omega t$  – переменная, имеющая смысл фазы частицы относительно пучка,  $\xi_1$  – значение переменной  $\xi$  в текущей плоскости,  $\Phi(\xi)$  – потенциальная функция, имеющая смысл распределения кулоновского потенциала в системе координат, движущейся вместе с пучком,  $v_0$  – скорость невозмущенного пучка,  $j_0$  – плотность тока невозмущенного пучка.

Для реализации дискретно-аналитической модели клистрона требуется обратная зависимость  $t(z, t_0)$  (функция прибытия), т.е. выражения (3), (4) необходимо обратить. В работе [3] такое обращение было проведено итерационным методом Ньютона. На основании полученных выражений были решены некоторые задачи, интересные с теоретической и практической точек зрения. В частности, решена задача о рассыпании моноскоростного сгустка и задача о максимальном КПД двухрезонаторного клистрона с бесконечно тонкими зазорами.

Однако при реализации в компьютерной программе моделирования мощных клистронов итерационная процедура метода Ньютона привела бы к неоправданному увеличению времени расчетов и, соответственно, к трудностям при проведении многопараметрической оптимизации.

В настоящей работе предложены два метода обращения выражений (3), (4), обеспечивающих гораздо более высокое быстродействие. Первый метод, основанный на переразложении ряда, обеспечивает уменьшение времени расчета в 4–5 раз по сравнению с итерационным методом Ньютона без уменьшения точности. Второй метод, основанный на использовании аппроксимационной формулы, обеспечивает увеличение быстродействия еще в 2–3 раза, причем во многих случаях точность тоже не уменьшается. Второй метод может использоваться для предварительных расчетов, так как высокая точность в этом случае все-таки не гарантирована.

Обратим сначала выражения (3),(4) методом переразложения ряда. Разложим правые части этих выражений в ряд Тейлора по степеням  $Vt$ . Для оценки необходимого количества членов ряда рассмотрим порядок величины  $n$ -го члена. Так как аргументы синуса и косинуса в выражениях (3),(4) содержат произведение  $\Omega_\Phi Vt$ , то  $n$ -ый член ряда будет содержать либо произведение  $(\Omega_\Phi Vt)^n$  (разложение  $\cos$  и  $ch$ ), либо произведение  $\Omega_\Phi^{n-1} V^n Vv$  (разложение  $\sin$  и  $sh$ ). Как было показано в [3], оптимальная величина и пространственного, и временного шага в безразмерных единицах одинакова и равна примерно 0,2. Параметр  $\Omega_\Phi$  совпадает по порядку величины с параметром пространственного заряда  $\Omega_p$  [4], который также является малой величиной, не превосходящей 0,1. Модуляция скорости  $Vv$  во всех трубах дрейфа клистрона также мала и не превосходит значение 0,2. Приведенные соображения дают оценку  $n$ -го члена ряда примерно  $2^n 10^{-2n}$ , т.е. пятый член не превосходит  $10^{-8}$ , а шестой  $10^{-10}$ . При моделировании клистрона требуется 200–400 пространственных шагов, поэтому погрешность на каждом шаге может привести к погрешности результата примерно на 2–3 порядка выше, следовательно, ограничение разложения четырьмя членами обуславливает максимальную погрешность в определении КПД прибора  $10^{-5}$  (0,001%), а ограничение пятью членами – максимальную погрешность  $10^{-7}$  (0,00001%). В первом случае точность является достаточной, во втором – избыточной. Таким образом, в разложении можно ограничиться пятью членами ряда. Разложения (4),(5) в ряд Тейлора по степеням  $Vt$  до пятого члена приводит к одному универсальному выражению

$$V_z = v_1 V_t - \frac{1}{4} \Phi'_n(\xi_1) \frac{v_0^2}{v_{01}} \omega \Omega_p^2 V_t^2 - \frac{1}{12} \left( \frac{v_0}{v_{01}} \right)^2 (v_1 - v_{01}) \omega^2 \Omega_p^2 \Phi''_n(\xi_1) V_t^3 + \frac{1}{96} \Phi'_n(\xi_1) \Phi''_n(\xi_1) \frac{v_0^4}{v_{01}^3} \omega^3 \Omega_p^4 V_t^4 + \frac{1}{480} (\Phi''_n(\xi_1))^2 \left( \frac{v_0}{v_{01}} \right)^4 (v_1 - v_{01}) \omega^4 \Omega_p^4 V_t^5 \quad (6)$$

Обратная зависимость,  $V_t(V_z)$  получается по известным формулам переразложения степенных рядов [5] и имеет вид

$$V_t = \frac{1}{v_1} V_z + \frac{1}{4} \Phi'_n(\xi_1) \frac{v_0^2}{v_1^3 v_{01}} \omega \Omega_p^2 V_z^2 + \left( \frac{1}{8} \frac{v_0^4}{v_{01}^2 v_1^5} \omega^2 \Omega_p^4 \Phi'_n(\xi_1) + \frac{1}{12} \frac{v_0^2 (v_1 - v_{01})}{v_{01}^2 v_1^4} \omega^2 \Omega_p^2 \Phi''_n(\xi_1) \right) V_z^3 + \left( \frac{5}{48} \Phi'_n(\xi_1) \Phi''_n(\xi_1) \omega^3 \Omega_p^4 \frac{v_0^4 (v_1 - v_{01})}{v_{01}^3 v_1^6} - \frac{1}{96} \Phi'_n(\xi_1) \Phi''_n(\xi_1) \omega^3 \Omega_p^4 \frac{v_0^4}{v_{01}^3 v_1^5} + \frac{5}{4} \omega^3 \Omega_p^5 \frac{v_0^6}{v_{01}^3 v_1^7} \Phi'''_n(\xi_1) \right) V_z^4 + \left( -\frac{1}{64} \Phi''_n(\xi_1) \Phi''_n(\xi_1) \omega^4 \Omega_p^6 \frac{v_0^6}{v_{01}^4 v_1^7} + \frac{3}{144} \Phi''_n(\xi_1) \omega^4 \Omega_p^4 \frac{v_0^4 (v_1 - v_{01})^2}{v_{01}^4 v_1^7} + \frac{14}{256} \Phi''_n(\xi_1) \frac{v_0^8}{v_1^9 v_{01}^4} \omega^4 \Omega_p^8 - \frac{1}{480} \Phi''_n(\xi_1) \omega^4 \Omega_p^4 \frac{v_0^4 (v_1 - v_{01})}{v_{01}^4 v_1^6} + \frac{21}{192} \Phi''_n(\xi_1) \Phi''_n(\xi_1) \omega^4 \Omega_p^6 \frac{v_0^6 (v_1 - v_{01})}{v_{01}^4 v_1^8} \right) V_z^5 \quad (7)$$

Формула (7) дает искомое выражение для функции прибытия относительно текущей плоскости.

Построим теперь более простое, чем формула (7), аппроксимационное выражение для функции прибытия.

Так как при малой модуляции скорости [4] функциональные зависимости  $V_z(V_t)$  и  $V_t(V_z)$  практически совпадают между собой и очень похожи на выражение (3), то логично в произвольном случае аппроксимировать функцию прибытия такой же зависимостью

$$V_t = A \sin\left(\frac{\omega \Omega_p V_z}{v_{01}}\right) + B \left(1 - \cos\left(\frac{\omega \Omega_p V_z}{v_{01}}\right)\right), \text{ где } A, B - \text{коэффициенты, которые}$$

определяются условиями сшивания функции прибытия в текущей плоскости. Их можно определить, приравняв значения функции прибытия и ее первой производной по координате  $z$  к соответствующим значениям, полученным в результате предыдущего пространственного шага. В результате получим следующее выражение

$$V_t = \frac{1}{\omega \Omega_p} \frac{v_{01}}{v_1} \sin\left(\frac{\omega \Omega_p V_z}{v_{01}}\right) + \frac{1}{2} \frac{v_{01}}{v_1^3} \Phi'_1 \left(1 - \cos\left(\frac{\omega \Omega_p V_z}{v_{01}}\right)\right) \quad (8)$$

Выражение (8) дает аппроксимационную формулу для функции прибытия, обеспечивающую минимальное время расчета.

Разложение правой части выражения (8) в ряд Тейлора по степеням  $V_z$  совпадает с разложением (7) до второго члена включительно, последующие слагаемые отличаются. Точность выражения (8) можно оценить из результатов модельных расчетов, сравнив их с результатами, получающимися из выражения (7).

На основе полученных формул написаны процедуры на языке Fortran стандарта 95, которые добавлены в комплекс программ KlyP [2] и встроены в структуру программы в качестве двух дополнительных моделей трубы.

Расчеты проводились для трех моделей трубы.

- 1) ПЗП-модель на основании формулы (7).
- 2) Аппроксимированная ПЗП-модель на основании формулы (8).
- 3) Исходная модель, использовавшаяся ранее в программе KlyP.

Для исследования влияния точности учета пространственного заряда на характеристики клистронов, а также для определения точности аппроксимационной формулы (8) были проведены модельные расчеты в среде KlyPWin с Windows-ориентированным интерфейсом [6].

Первая серия расчетов проведена для телевизионного клистрона с выходной мощностью около 30kW. Сравнение результатов ПЗП-модели с исходной моделью (рис. 1) показало, что обе модели дают примерно одинаковое значение максимального КПД (около 70%), но при этом ПЗП-модель дает более правильное значение полосы усиления. Аппроксимационная модель в этом случае достаточно хорошо совпадает с точной ПЗП-моделью (рис. 2), максимальное расхождение значений КПД (на правом краю полосы усиления) не превышает 3%. В данном случае все 3 модели дают очень близкие результаты.

Следующая серия расчетов была проведена для сверхмощного клистрона (выходная мощность около 75kW) с частотой 3GHz, предназначенного для питания коллайдера.

В этом случае, кривые АЧХ для ПЗП-модели (кривая 1) и для аппроксимационной модели (кривая 2) достаточно хорошо совпадают между собой, но значительно отличаются от кривой 3, рассчитанной по исходной модели. Это связано с тем, что ПЗП-модель более кор-

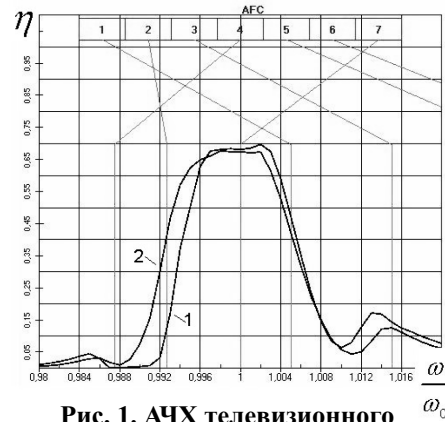


Рис. 1. АЧХ телевизионного клистрона, рассчитанная по ПЗП-модели (кривая 1) и по исходной модели (кривая 2)

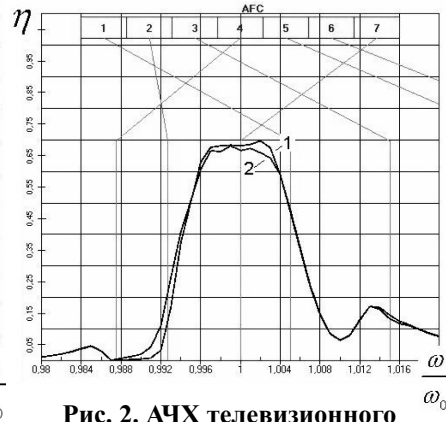


Рис. 2. АЧХ телевизионного клистрона, рассчитанная по ПЗП-модели (кривая 1) и по аппроксимационной модели (кривая 2)

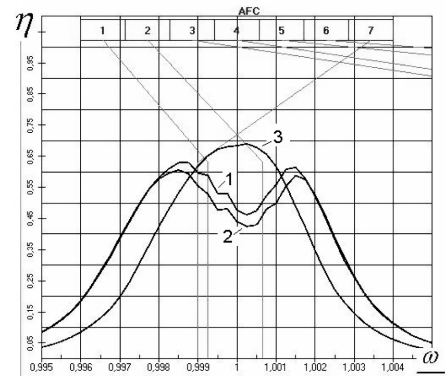


Рис. 3. АЧХ сверхмощного 3GHz клистрона, рассчитанная по ПЗП-модели (кривая 1), по аппроксимационной модели (кривая 2) и по исходной модели (кривая 3)

ректно учитывает влияние пространственного заряда на процесс группирования. Это можно видеть по фазовым траекториям (рис.4), построенным для центральной частоты.

Как видно из рисунков, до 5-й трубы дрейфа, пока группирование идет без обгона, фазовые траектории на обоих рисунках практически совпадают. В середине 5-й трубы дрейфа начинается обгон, и ход фазовых траекторий начинает отличаться: исходная модель прогнозирует сохранение сгустка почти в неизменном виде, а ПЗП-модель дает быстрое рассыпание

сгустка. Последний результат является корректным с физической точки зрения – после обгона должно происходить именно быстрое рассыпание, т.к. после обгона ускоренные частицы оказываются впереди замедленных, и кулоновское отталкивание теперь не уменьшает, а увеличивает

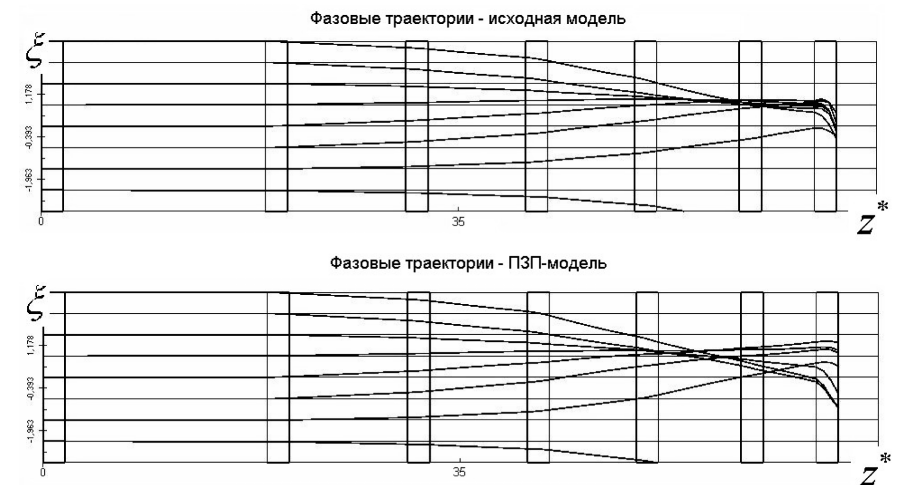


Рис. 4. Фазовые траектории сверхмощного клистрона, рассчитанные по исходной модели и по ПЗП-модели

разность скоростей. Таким образом, ПЗП-модель, в отличие от исходной модели, дает физически корректный результат трансформации электронного пучка.

Последняя серия расчетов проведена для прибора мощностью 5 GW, также предназначенного для питания ускорителя.

Как видно из рис.5, результаты расчетов по ПЗП-модели (кривая 1) и по исходной модели (кривая 2) достаточно сильно отличаются. Результаты последних двух серий расчетов говорят о том, что исходная модель, использовавшаяся ранее в программе KlyP, может давать значительную погрешность, поэтому для корректных расчетов необходимо использовать ПЗП-модель. При этом необходимо отметить, что существуют приборы (рис. 1), для которых результаты по исходной модели и по ПЗП-модели почти не отличаются.

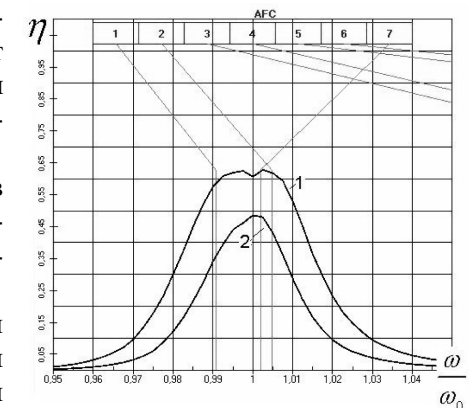


Рис. 5. АЧХ 1 GHz клистрона с выходной мощностью 5GW, рассчитанная по ПЗП-модели (кривая 1) и по исходной модели (кривая 2)

Таким образом, получены два аналитических выражения для функции прибытия в рамках дискретно-аналитической модели, позволяющие сделать пересчет параметров пучка на один пространственный шаг в трубе дрейфа. Первое из выражений (7) обеспечивает такую же точность, что и предложенная ранее итерационная процедура, однако обладает в 4–5 раз более высоким быстродействием. Второе выражение позволяет повысить быстродействие еще в 2–3 раза, при этом может давать погрешность несколько процентов относительно первого выражения. Проведенные модельные расчеты для клистронов с различными выходными характеристиками, включая сверхмощные клистроны, позволяют сделать вывод о том, что полученные формулы дают значительно более корректные результаты, чем использовавшаяся ранее модель, построенная на основе формул линейного приближения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Байков А.Ю., Петров Д.М. Дискретно-аналитическая модель клистронов. Тезисы докладов Международной конференции, посвященной 100-летию изобретению радио, Москва, май 1995.
2. Байков А.Ю. Компьютерное моделирование мощных и сверхмощных резонаторных СВЧ-приборов// Информационно-измерительные и управляющие системы 2010. №4.
3. Байков А.Ю., Грушина О.А. Аналитическое решение задачи группирования электронного пучка в режиме большой модуляции плотности // Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А.С.Попова. Серия: научная сессия, посвященная Дню радио. Выпуск LXV. – М., 2010.
4. Байков А. Ю., Грушина О. А. Реакция электронного пучка в узкой трубе на полигармонические и непериодические возмущения // Математика, информатика, естествознание в экономике и в обществе / Труды международной научно-практической конференции. – М., 2009. <http://conf.mfua.ru/2009>
5. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. Пер с англ. – М., 1978.
6. Байков А.Ю., Ежиков В.Б. Редактируемый интерфейс ввода-вывода данных для вычислительной модели, включающей многопараметрическую оптимизацию // Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА. 2011. №1.

УДК 537.533.9, 519.688, 621.385

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МАКСИМАЛЬНОГО КПД ОТ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ В ДВУХРЕЗОНАТОРНОМ КЛИСТРОНЕ

*А.Ю. Байков,*  
канд. физ.-мат. наук,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: [baikov.a@mfua.ru](mailto:baikov.a@mfua.ru)

*О.А. Грушина,*  
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
E-mail: [obkv@mail.ru](mailto:obkv@mail.ru)

*М.Н. Стриханов,*  
д-р физ.-мат. наук,  
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
E-mail: [MNStrikhanov@mephi.ru](mailto:MNStrikhanov@mephi.ru)

*А.А. Тищенко,*  
канд. физ.-мат. наук,  
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
E-mail: [tishchenko@mephi.ru](mailto:tishchenko@mephi.ru)

**Аннотация.** На основе «приближения замороженного пучка» (ПЗП) и комплекса программ KlypWin рассматривается зависимость максимального КПД двухрезонаторного клистронов от его коэффициента усиления. Исследуемый двухрезонаторный клистрон строится на основе реальной электронно-оптической системы телевизионного клистронов с частотой 700MHz и выходной мощностью около 30kW.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, электронные пучки, СВЧ-приборы, клистроны.

**Abstract.** The dependence two-cavity klystron maximum efficiency on its gain factor is considered on a basis of the «froze beam approach» (FBA) and the complex of programs KlypWin. The two-cavity klystron is modeled on the basis of real electron-optical system of a television klystron with frequency 700MHz and output power 30kW.

**Keywords:** mathematical modeling, electron beams, microwave devices, klystrons.

В классических работах по теории клистрона (например, [1]) в качестве простейшей модели рассматривается двухрезонаторный клистрон с бесконечно тонкими зазорами в кинематическом приближении. Для такой модели выходные характеристики можно рассчитать аналитически и получить некоторые общие теоретические выводы. Например, в рамках этой модели оказывается, что максимальный КПД двухрезонаторного клистрона равен 58% и не зависит от коэффициента усиления.

В реальных приборах приближения такой упрощенной модели не выполняются. В частности, оказывается, что пространственным зарядом пренебрегать нельзя, т.к. эффект пространственного заряда оказывает значительное влияние на группировку пучка. Кроме того, реальные зазоры нельзя считать бесконечно тонкими.

Влияние пространственного заряда проявляется, например, в том, что при различных значениях входной мощности группировка пучка происходит по-разному. В частности, при малой входной мощности получить сильную группировку невозможно из-за кулоновского расталкивания частиц, которая не будет скомпенсирована кинетической энергией взаимного сближения.

Таким образом, качественные физические соображения приводят к выводу, что максимальный КПД двухрезонаторного клистрона должен зависеть от входной мощности, а, следовательно, от коэффициента усиления.

Зависимость максимального КПД от коэффициента усиления была исследована в работе [2] в рамках ПЗП-модели для клистрона с бесконечно тонкими зазорами. Однако приближение бесконечно тонких зазоров является в той же степени нереализуемым, как и кинематическое приближение. Поэтому интересной и с теоретической, и с практической точек зрения является задача исследования зависимости максимального КПД от коэффициента усиления в двухрезонаторном клистроне при реальных значениях как величины пространственного заряда, так и зазоров резонаторов и диаметров труб.

Разработанный комплекс программ КлуpWin [3; 4] позволяет такое исследование провести, его результаты рассматриваются в настоящей статье.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХРЕЗОНАТОРНОГО КЛИСТРОНА

Моделируемый двухрезонаторный клистрон строился на основе электронно-оптической системы реального телевизионного клистрона со

следующими характеристиками: рабочая частота 700 MHz, ускоряющее напряжение  $U_0 = 15kV$ , суммарный ток лучей  $I_0 = 2,8A$ , количество лучей 7, характерное волновое сопротивление резонаторов 70 Ohm. Выбраны реальные значения длин зазоров: 1,43 см и диаметры труб дрейфа 1,40 см.

Расчеты проводились следующим образом. На первом этапе запускалась оптимизация по трем основным параметрам – длине трубы  $l$ , нагруженной добротности второго резонатора  $Q$  и входной мощности  $P_{in}$  и находился глобальный максимум КПД. На этом этапе получились следующие значения:  $P_{in} = 320W$ ,  $l = 31$  см,  $Q = 92$ , максимальный КПД  $\eta = 47\%$ .

На следующем этапе входная мощность изменялась сначала в сторону уменьшения, а потом в сторону увеличения, и для каждого значения входной мощности проводилась оптимизация КПД по двум параметрам  $l$  и  $Q$ . Расчеты проводились при следующих значениях входной мощности  $P_{in} = 4W, 7W, 15W, 30W, 50W, 80W, 120W, 160W, 200W, 250W, 320W, 450W, 800W, 1,5kW, 2,5kW, 4kW$ .

Коэффициент усиления рассчитывался как  $K_u = 10 \cdot \lg \frac{\eta U_0 I_0}{P_{in}}$ . Рассматриваемый диапазон значений входной мощности позволил охватить практически весь диапазон возможных значений коэффициента усиления.

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученная зависимость  $\eta(K_u)$  представлена на рис. 1.

Как уже отмечалось, максимальный КПД составил 47%, что существенно отличается от теоретического КПД 58% для кинематической модели клистрона с бесконечно тонкими зазорами.

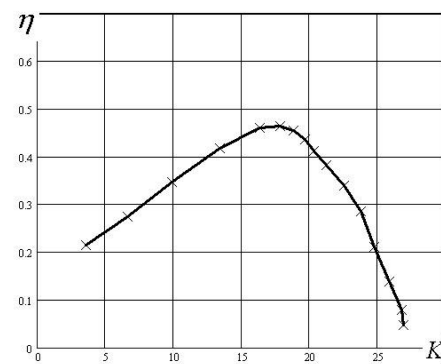


Рис. 1. Зависимость максимального КПД от коэффициента усиления в двухрезонаторном клистроне

Фазовые траектории для оптимального режима группирования двухрезонаторного клистрона изображены на рис. 2 в безразмерных переменных  $z^* = \frac{\omega \cdot z}{v_0}$  и  $\xi = \frac{\omega z}{v_{01}} - \omega t$ , где  $z$  – текущая координата,  $t$  – текущее время,  $\omega$  – СВЧ частота,  $v_0$  – скорость пучка.



Следует отметить, что максимум первой гармоники относительной величины конвекционного тока  $\frac{I_c}{I_0}$  в рассматриваемом случае оказывается даже чуть больше, чем в кинематической модели (1,20 вместо 1,16, см. рис. 3).

Тем не менее из-за рассыпания сгустка в выходном зазоре, гармоника тока в зазоре существенно уменьшается, и наведенный ток, равный усредненному по зазору конвекционному току, оказывается значительно меньше ( $\frac{I_{ind}}{I_0} = 0,9$ ), что и приводит к понижению КПД. Причем это уменьшение наведенного тока невозможно компенсировать увеличением амплитуды СВЧ-напряжения (т.е. увеличением  $Q$ ), т. к. увеличение амплитуды напряжения приводит к еще более сильному рассыпанию

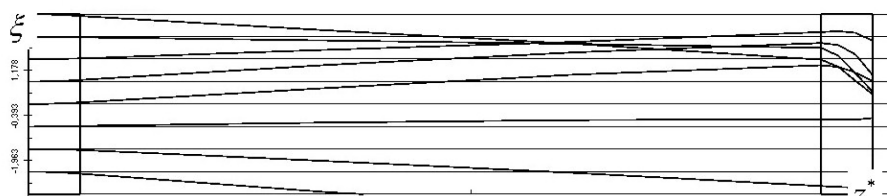


Рис. 2. Фазовые траектории для оптимального режима группирования в двухрезонаторном клистроне

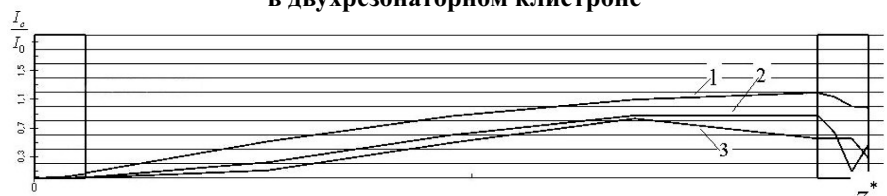


Рис. 3. Распределение первых трех гармоник конвекционного тока по длине в двухрезонаторном клистроне при оптимальном режиме группирования

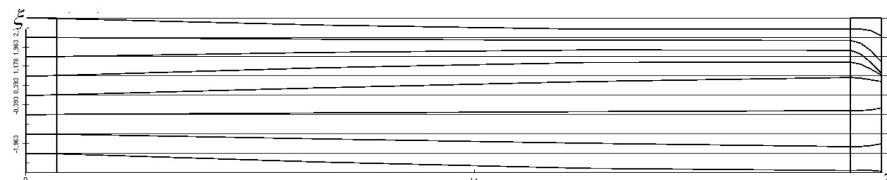


Рис. 4. Фазовые траектории в двухрезонаторном клистроне при коэффициенте усиления 25dB

сгустка и, соответственно, к еще большему уменьшению наведенного тока. Таким образом, основным эффектом, ограничивающим КПД, оказывается эффект рассыпания сгустка в выходном зазоре.

Рассмотрим поведение кривой (рис. 1) слева и справа от максимума. Правая ветвь соответствует уменьшению входной мощности. Падение максимального КПД здесь связано с кулоновским расталкиванием частиц и, как следствие, с недогруппировкой пучка (рис. 4).

Важной особенностью этой части графика является ограничение коэффициента усиления некоторым предельным значением. Максимальный коэффициент усиления получается при уменьшении входной мощности до близких к нулю значений, и равен 27dB. Однако это значение соответствует практически нулевому КПД, поэтому интереса не представляет. Если же рассматривать значение КПД выше 30%, то максимальный коэффициент усиления окажется равным примерно 23dB.

Левая ветвь графика соответствует увеличению входной мощности выше оптимального значения. В этом случае режим группирования становится близким к кинематическому, максимальная гармоника конвекционного тока приближается к кинематическому теоретическому значению 1,16, но повышения КПД до кинематического значения 58% не происходит. Это связано с тем же эффектом сильной разгруппировки пучка в выходном зазоре при торможении. Фазовые траектории для такого режима ( $P_{in} = 1,5kW, K_u = 10dB$ ) приведены на рис. 5.

Оптимальные значения длины трубы  $l$  и нормированного сопротивления резонатора  $Z$  от коэффициента усиления приведены на рис. 6, 7.

На рис. 6 по оси ординат вместо  $l$  отложена измеряемая в радианах СВЧ-поля нормированная длина трубы  $l_{norm} = \frac{\omega l}{v_0}$ .

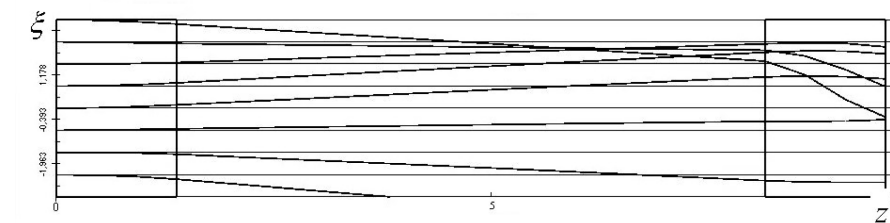
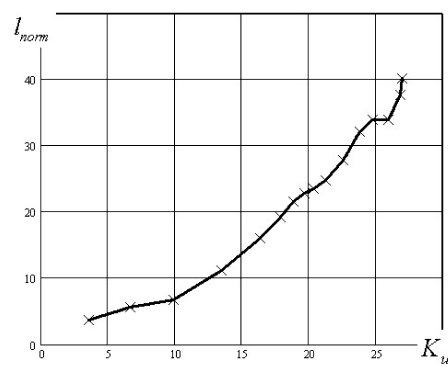
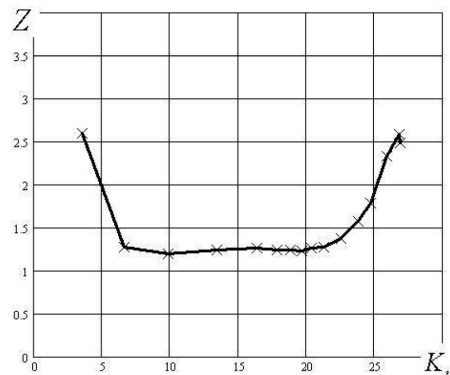


Рис. 5. Фазовые траектории в двухрезонаторном клистроне при коэффициенте усиления 10dB



**Рис. 6. Зависимость оптимальной нормированной длины трубы от коэффициента усиления в двухрезонаторном клистроне**



**Рис. 7. Зависимость оптимального нормированного резонансного сопротивления выходного резонатора от коэффициента усиления в двухрезонаторном клистроне**

Как видно из рис. 6, оптимальная длина трубы увеличивается с увеличением коэффициента усиления. Оптимальное сопротивление (рис. 7) остается примерно постоянным вблизи области оптимальных значений КПД и увеличивается на левом и правом краях. Это связано с тем, что при сильном уменьшении тока некоторое увеличение КПД можно получить за счет увеличения амплитуды СВЧ-напряжения.

Таким образом, в рамках ПЗП-модели получена зависимость максимального КПД от коэффициента усиления в двухрезонаторном клистроне. Показано, что существует глобальный максимум КПД в 47%, достигающийся при оптимальном коэффициенте усиления 18dB. Рабочая область, соответствующая достаточно большим значениям КПД, находится в пределах от 13dB до 20dB. Вне этой области КПД значительно падает.

Показано также, что максимально достижимый коэффициент усиления составляет 27dB, но это значение достигается только при очень малом КПД.

Полученные выводы соответствуют физическому смыслу процессов в двухрезонаторном клистроне. Можно предположить, что полученная кривая  $\eta(K_u)$  является достаточно универсальной, но для доказательства этого нужно провести серии расчетов для двухрезонаторных кли-

стронов, построенных на основе других электронно-оптических систем и на других рабочих частотах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гайдук В.И., Палатов К.И., Петров Д.М. Физические основы электроники СВЧ. – М., 1971.
2. Байков А.Ю., О.А. Грушина, М.Н. Стриханов, А.А. Тищенко. Математическая модель трансформации электронного пучка в узкой трубе // Журнал технической физики. Принята в печать 09.2011.
3. Байков А.Ю. Компьютерное моделирование мощных и сверхмощных резонаторных СВЧ-приборов // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. №4. Т. 8.
4. Байков А.Ю., Ежиков В.Б. Редактируемый интерфейс ввода-вывода данных для вычислительной модели, включающей многопараметрическую оптимизацию // Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА. 2011. №1.

УДК 541.1;546.722+546.271

## ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ КЛЕТОК В МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Н.Н. Комова,  
канд. физ.-мат. наук,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: komova\_@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлен анализ влияния постоянного магнитного поля на характер поведения биологических клеток, находящихся во взвешенном состоянии в солевом растворе или оседающих в этом растворе под действием силы тяжести. В качестве модели клетки рассмотрена сферическая структурированная частица, содержащая локальные поверхностные заряды. Предложенные теоретические выкладки подтверждены экспериментом.

**Ключевые слова:** биологические клетки, однородное и неоднородное магнитное поле, седиментация, структурированные частицы, заряды в магнитном поле, симметрия частицы.

**Abstract.** The article presents an analysis of the static magnetic field on the behavior of biological cells that are suspended in saline solution or deposited in the solution under the influence of gravity. As a model of a spherical cell considered structured particle containing local surface charges. The proposed theoretical calculations are confirmed by experiment.

**Keywords:** biological cells, homogeneous and inhomogeneous magnetic field, sedimentation, structured particles, the charges in a magnetic field, the symmetry of the particle.

Биологические клетки представляют собой довольно сложные структурированные системы, функционирование которых определяется условиями внешней среды и особенностями их строения. В последнее время получили большую значимость исследования влияния на состояние и работоспособность клеток различных факторов, в том числе и магнитных полей.

Возникающие в магнитных полях закономерности поведения биологических клеток широко используются для получения информации

о параметрах клеток и клеточных мембран. Так, в работе [1] предлагается проводить исследование влияния магнитных полей на клеточную систему, которую в первом приближении можно моделировать сферической частицей, окруженной двойным слоем молекул класса липидов [2]. Каждый бислой представляет собой два монослоя Гиббса амфифилов с обращенными друг к другу олеофильными «хвостами» в виде одной или двух углеводородных цепей [3]. Толщина бислоя около 50Å. Такая бислойная пленка представляет собой простейшую искусственно созданную надмолекулярную структуру и является моделью остова биологической мембраны. Поверхности клеточных мембран обычно имеют отрицательный электростатический заряд при физиологических значениях pH, а многие сложные биологические соединения, такие как полипептиды, нуклеиновые кислоты, хитозан, являются полиэлектролитами, ионогенные группы которых несут отрицательный или положительный заряд [4].

В настоящей работе рассмотрена особенность седиментации клеток в магнитных полях с использованием модельного представления клетки, как сферической частицы, имеющей на внешней поверхности заряд.

Для определения сил, действующих на частицу в магнитном поле, обозначим  $f dV$  силу, действующую на элемент объема  $dV$  [5]. Из закона сохранения импульса вытекает, что силы, действующие на какой-либо конечный объем тела, могут быть сведены к силам, приложенным к поверхности этого объема. Сила, действующая на вещество в объеме  $dV$ , представляет собой изменение его импульса в единицу времени и должна быть равна количеству импульса, втекающего в течение того же времени в этот объем через его поверхность. Это можно записать в виде известного уравнения Гаусса:

$$\int f_i dV = \oint \sigma_{ik} df_k, \quad (1)$$

где  $\sigma_{ik}$  – тензор потока импульса или тензор напряжений.

Используя теорему Гаусса-Остроградского, интеграл (1) можно преобразовать в интеграл по объему:

$$\int f_i dV = \int \frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_k} dV \quad (2)$$

Откуда следует выражение объемных сил через тензор напряжений:

$$f_i = \partial \sigma_{ik} / \partial x_k \quad (3)$$

Если разбить поверхность, ограничивающую клетку, на малые плоские участки, а поле вблизи него считать однородным, то можно пренебречь членами в тензоре напряжения, которые могли бы зависеть от градиентов температуры, поля и т.п. Моделируя клетку однородным (по составу, плотности и температуре) сфероидом, ограниченным плоскопараллельными слоями снизу и сверху высотой  $h$ , поле внутри такого слоя можно представить как однородное. Для определения сил, действующих на ограниченный объем, необходимо исследовать результат смещения верхнего слоя на бесконечно малую величину  $\xi$ , которое в общем случае может не совпадать с направлением нормали к этой поверхности  $n$ . Для упрощения модели считаем, что вызываемая смещением однородная деформация является изотермичной. На единицу площади поверхности со стороны ограниченного тела действует сила  $\sigma_{ik}n_k$ , которая при смещении  $\xi$  совершает работу  $\sigma_{ik}n_k\xi_i$ . Работа, производимая при изотермической деформации, равна убыли величины или для единицы  $\int \tilde{F}dV$  поверхности  $h\tilde{F}$ . Из чего следует:

$$\sigma_{ik}n_k\xi_i = \delta(h\tilde{F}) = h\delta\tilde{F} + \tilde{F}\delta h, \quad (4)$$

где  $\tilde{F} = F - \frac{H\bar{B}}{4\pi}$  [5],  $F$  – свободная энергия единицы объема вещества.

Термодинамические величины жидкости зависят при постоянной температуре и величине поля только от плотности. Деформации, не меняющие плотности, не отражаются на термодинамическом состоянии. Для изотермической вариации  $\delta\tilde{F}$  в жидкости, помещенной в магнитное поле напряженностью  $H$ :

$$\delta\tilde{F} = \left(\frac{\partial\tilde{F}}{\partial\bar{H}}\right)_{T,\rho} \delta\bar{H} + \left(\frac{\partial\tilde{F}}{\partial\rho}\right)_{\bar{H},T} \delta\rho = -\frac{\bar{B}\delta\bar{H}}{4\pi} + \left(\frac{\partial\tilde{F}}{\partial\rho}\right)_{\bar{H},T} \delta\rho \quad (5)$$

Изменение плотности вещества, заключенного в ограниченном объеме, связано с изменением толщины слоя  $h$  и можно выразить как  $\delta\rho = -\rho\delta h/h$ . Вариация поля вычисляется в данном случае как  $\delta H = -n(H\xi)/h$ . Так как  $\delta h = \xi_z = \xi n$ , из выражения (5) можно получить:

$$\sigma_k \xi_i n_k = \left\{ \frac{H_i D_k}{4\pi} - \rho \frac{\partial\tilde{F}}{\partial\rho} \delta_k + \tilde{F}\delta_k \right\} \xi_i n_k \quad (6)$$

Из этого выражения следует:

$$\sigma_k = \left[ \tilde{F} - \rho \left(\frac{\partial\tilde{F}}{\partial\rho}\right)_{\bar{H},T} \right] \delta_k + \frac{H_i B_i}{4\pi} \quad (7)$$

Из термодинамических соотношений в магнитном поле следует:

$$\tilde{F} = F_0(T, \rho) - \frac{\mu H^2}{8\pi} \quad (8)$$

Производная от свободной энергии для 1 г вещества по удельному объему представляет собой давление:

$$\left(\frac{\partial}{\partial(1/\rho)} \frac{F}{\rho}\right)_T = F - \rho \left(\frac{\partial F_0}{\partial\rho}\right)_T = -P_0, \quad (9)$$

где  $P_0$  – давление, которое имелось бы в среде в отсутствие поля.

После подстановки (8) в (7) получаем:

$$\sigma_k = -P_0(\rho, T)\delta_k - \frac{H^2}{8\pi} \left[ \mu - \rho \left(\frac{\partial\mu}{\partial\rho}\right)_T \right] \delta_k + \frac{\mu H_i H_k}{4\pi}. \quad (10)$$

Если в среде течет ток (осуществляется движение заряженных частиц, в рассматриваемом случае за счет оседания клеток, несущих на поверхности заряды), то необходимо учитывать, что  $\text{rot}H = 4\pi j/c$ , где  $j$  – плотность тока, которую можно выразить через скорость заряженных частиц:  $j = \rho v$ . После дифференцирования (10), получим:

$$\vec{f} = -\nabla P_0 + \frac{1}{8\pi} \nabla \left[ H^2 \rho \left(\frac{\partial\mu}{\partial\rho}\right)_T \right] - \frac{H^2}{8\pi} \nabla\mu - \frac{\mu}{8\pi} \nabla H^2 + \frac{\mu}{4\pi} (\vec{H}\nabla)\vec{H}. \quad (11)$$

Преобразуя это выражение согласно формулам векторного анализа

$$(\vec{H}\nabla)H = \text{grad}(H^2/2) - [H \text{rot}H] = \text{grad}(H^2/2) + 4\pi[jH]/c,$$

и определяя плотность тока через скорость частиц, окончательно получим:

$$\vec{f} = -\nabla P_0 + \frac{1}{8\pi} \text{grad} \left[ H^2 \rho \left(\frac{\partial\mu}{\partial\rho}\right)_T \right] - \frac{H^2}{8\pi} \nabla\mu - \frac{\mu\rho}{c} [\vec{v}\vec{H}] \quad (12)$$

Если, как это бывает в прозрачных средах, значение  $\mu$  близко к единице, то второй и третий члены в уравнении (12) пренебрежимо малы, первый член этого уравнения также можно опустить из-за его малого вклада в объемные силы, и тогда выражение (12) примет вид:  $\vec{f} = \frac{\rho}{c} [\vec{v}\vec{H}]$  (13), т.е. это выражение представляет собой усредненное значение лоренцевой силы, действующей на заряженную частицу в магнитном поле.

При перемещении локального заряда в объеме, который движется в магнитном поле, возникает определенной величины элементарный ток ( $j_{\text{эл}}$ ) в этом объеме (клетке). В проводнике при его движении в магнит-

ном поле за время  $\delta t$  выделяется дополнительное тепло, которое равно по величине и противоположно по знаку работе, произведенной за то же время над проводником объемными силами  $\vec{j} = \frac{\mu}{c} [\vec{j}\vec{H}]$ :

$$\delta t \frac{1}{c} \int \vec{j} [\vec{v}\vec{B}] dV = -\frac{1}{c} \int \delta u [\vec{j}\vec{B}] dV. \quad (14)$$

В замкнутой линейной элементарной цепи  $C$  возникает ЭДС ( $E$ ):

$$E = \oint_C (\vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{v}\vec{B}]) dl. \quad (15)$$

Изменение магнитного потока  $\Phi$  через поверхность  $S$ , опирающуюся на контур тока  $C$  при постоянном значении магнитного поля из условия  $\text{rot} E = -(\partial B / \partial t) c^{-1}$ :

$$\left( \frac{\partial \Phi}{\partial t} \right)_{B=\text{const}} = \int_C [\vec{v}\vec{B}] dl \quad (16)$$

Здесь производная по времени означает изменение магнитного потока, связанного с перемещением проводника при неизменном поле, а  $v = dx/dt$  – скорость перемещения контура  $C$  в магнитном поле.

В постоянном магнитном поле изменение потока может быть связано только с перемещением контура. Если контур движется так, что все его точки перемещаются вдоль силовых линий поля, никогда не пересекая их, то поток поля через контур не меняется, т.е. магнитный поток через всякую замкнутую поверхность равен нулю, а поток через «боковую» поверхность, описываемую движущимся контуром равен нулю тождественно, т.к.  $B_n = 0$ . Из этого следует, что для возникновения индукционной электродвижущей силы проводник должен пересекать при своем движении магнитные силовые линии.

Электромагнитное поле, возникающее в проводниках, движущихся в магнитном поле, имеет магнитные характеристики, связанные с такими параметрами, как скорость движения проводника  $v$ , его проводимость  $\sigma$  и магнитной проницаемостью  $\mu$  по формуле [5]:

$$\left( \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) - \text{rot} [\vec{v}\vec{B}] = -\frac{c^2}{4\pi} \text{rot} \left( \frac{\text{rot} \vec{H}}{\sigma} \right) \quad (17)$$

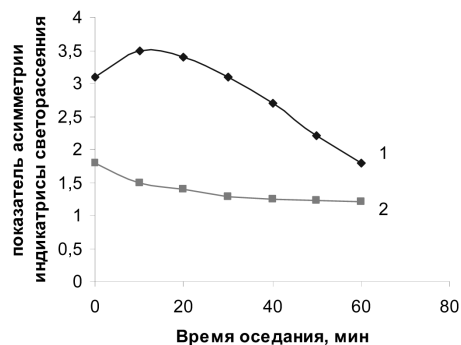
При постоянном значении проводимости и магнитной проницаемости:

$$\left( \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \right) - \text{rot} [\vec{v}\vec{H}] = -\frac{c^2}{4\pi\sigma\mu} \text{rot} \Delta \vec{H}, \text{div} \vec{H} = 0 \quad (18)$$

Если тело движется как единое целое в постоянном поле, то  $\text{div} B = 0$ ,  $\text{div}(v) = 0$ , тогда из уравнения (17)  $\left( \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) - \text{rot} [\vec{v}\vec{B}] = \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} + (\vec{v}\nabla)\vec{B} - (\vec{B}\nabla)\vec{v}$ , где первые два слагаемых в правой части определяют магнитное поле в точке в результате поступательного движения контура со скоростью  $v$ , а третье слагаемое определяет изменение поля в результате вращения тела с угловой скоростью  $\Omega$ . В этом случае изменение ориентации  $B$  по отношению к телу –  $[\Omega B]$ .

Из приведенных соотношений следует, что если рассматривать движение клеток как частиц, имеющих на поверхности локальные заряды, в магнитном поле, то необходимо учитывать соотношение направлений скорости перемещения клеток и вектора магнитного поля. Если движение клеток происходит вдоль силовых линий магнитного поля, то в этом случае объемные силы  $f$ , действующие на клетку, будут равны 0, т.к. равно нулю векторное произведение этих векторов (13). В других случаях, если эти два вектора не параллельны друг другу, то объемные силы будут отличаться от нуля, и клетка, как единое целое, будет деформироваться в зависимости от направления этих сил. При пересечении силовых магнитных линий в клетке возможно возникновение микро-ЭДС за счет действия на локальные поверхностные заряды со стороны магнитного поля, т.е. возможно возникновение микротоков. Если присутствующие в клетке заряды каким-либо образом закреплены на поверхности мембраны, то возникновение микротоков связано с вращением клетки с угловой скоростью  $\Omega$ , приводящей к возникновению центробежных сил. Эти силы могут изменить форму клетки, находящейся во взвешенном состоянии в солевом растворе. Таким образом, включение или отключение внешнего магнитного поля или изменение направления силовых линий этого поля относительно направления скорости движения клетки в солевом растворе должно приводить к изменению формы (и, возможно, объема) клетки в той степени, в какой ее мембрана обладает упругоэластическими свойствами.

Подтверждением этого служит эксперимент по исследованию светорассеяния при осаждении клеток со встроенными ферритовыми частицами в магнитном поле, направленном вдоль вектора скорости смещения клеток. Параметр асимметрии индикатрисы светорассеяния [6] клетками в солевом растворе, характеризующий отклонение от сферической формы, будет гораздо выше у клеток, оседающих без приложения магнитного поля за счет деформации клеток вдоль движения в результате действия силы тяжести (рис. 1). Приложение поля вдоль вектора скорости клеток



**Рис. 1. Изменение параметра асимметрии индикатрисы светорассеяния в процессе седиментации:**

1 – клеток со встроенными ферритовыми частицами в отсутствии магнитного поля;  
2 – тех же клеток в присутствии магнитного поля  $B=250$  мТл

биологических клеток воздействие магнитного поля будет в той или иной степени изменять их состояние, и, в частности, характер перемещения в солевом растворе.

уменьшает асимметрию клетки и приводит к уменьшению параметра асимметрии индикатрисы светорассеяния.

Сравнение параметров, характеризующих возможную степень деформации клеток при подобранных условиях для конкретного типа биологических систем, может служить первичной (или качественной) оценкой упругости клеточной мембраны, и, в конечном счете, состояния клетки и ее отклика на внешние воздействия.

Подводя итог, можно заключить, что в зависимости от структуры, химического состава, функциональных особенностей

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шалыгин А.Н., Кротов К.А.. Магнитный захват одиночных биологических клеток и модельных агрегатов клеточных мембран // Успехи физических наук. Т. 160. Вып. 7.
2. Watson J. H. P. // J. Appl. Phys. 1973. V. 44.
3. Де Же В. Физические свойства жидкокристаллических веществ. – М., 1982.
4. Дементьев А.А., Рахнянская А.А., Хомутов Г.Б. Взаимодействие полиэлектролитов с мембранными структурами: ЭПР-исследование // Российский химический журнал. 2007. №1.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.. Электродинамика сплошных сред. – М., 2005.
6. Voshchinnikov N.V. Electromagnetic scattering by homogeneous and coated spheroids: Calculations using the separation of variables method // JQSRT.1996. –V.5.

УДК 697.922

## МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ШУМА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЫЛЕСОСОВ

*Е.Ф. Баранов,*

*Московская государственная академия водного транспорта*

*E-mail: baranov.evgeniy@inbox.ru*

*О.С. Кочетов,*

*д-р техн. наук,*

*Московский финансово-юридический университет МФЮА*

*E-mail: o\_kochetov@mail.ru*

**Аннотация.** В статье представлены методы расчета эффективности снижения шума промышленных пылесосов в источнике возникновения звуковой энергии при их работе в производственных помещениях с использованием конструкций глушителей аэродинамического шума, а также с учетом конструктивных особенностей пылесоса и реального спектра шума в производственном помещении.

**Ключевые слова:** промышленный пылесос, эффективность снижения шума, производственное помещение, звукопоглощающие конструкции, спектр шума, глушитель аэродинамического шума.

**Abstract.** In work methods of calculation of efficiency of decrease in noise of industrial vacuum cleaners in a source of occurrence of sound energy are presented at their work in industrial premises with use of designs glu-shitelej aerodynamic noise, and also taking into account constructive osoben-nostej a vacuum cleaner and a real spectrum of noise in an industrial premise.

**Keywords:** an industrial vacuum cleaner, efficiency snizhe-nija noise, an industrial premise, sound-proof konstruk-tsii, a noise spectrum, the muffler of aerodynamic noise

При эксплуатации промышленного пылесоса марки НПП-2 наблюдалось превышение уровней шума, регламентированных ГОСТ 12.1.003-83 [1]. Для проведения предпроектных изысканий использовался ориентировочный метод измерения шумовых характеристик в инструментальном цехе РЗТО (Рижского завода текстильного оборудования) на расстоянии  $d = 1$  м от контура пылесоса, причем расстояние до ограждающих поверхностей цеха было больше величины  $d + 1$  м.

При исследованиях использовался комплект акустической аппаратуры типа ИШВ-1, а испытуемый пылесос был установлен свободно на полу в цехе с размерами: длина  $D = 20$  м, ширина  $W = 12$  м, высота  $H = 3,4$  м. Режим работы пылесоса соответствовал вращению крыльчатки вентилятора со скоростью  $n = 3000$  об/мин. Количество точек измерения (рис.1) равнялось пяти, а число измерений в каждой точке – 3. Расчет шумовых характеристик пылесоса НПП-2 проводился согласно ОСТ 27-72-218-85 [2]. На рис.1 представлена схема измерительных точек при замере уровней звукового давления промышленного пылесоса типа НПП-2.

Параметры для акустических расчетов находим по формулам [3]

$$\begin{aligned} a &= 0,5l_1 + d; \\ b &= 0,5l_2 + d; \\ c &= l_3 + d. \end{aligned} \quad (1)$$

$$h = 0,25(b + c - d).$$

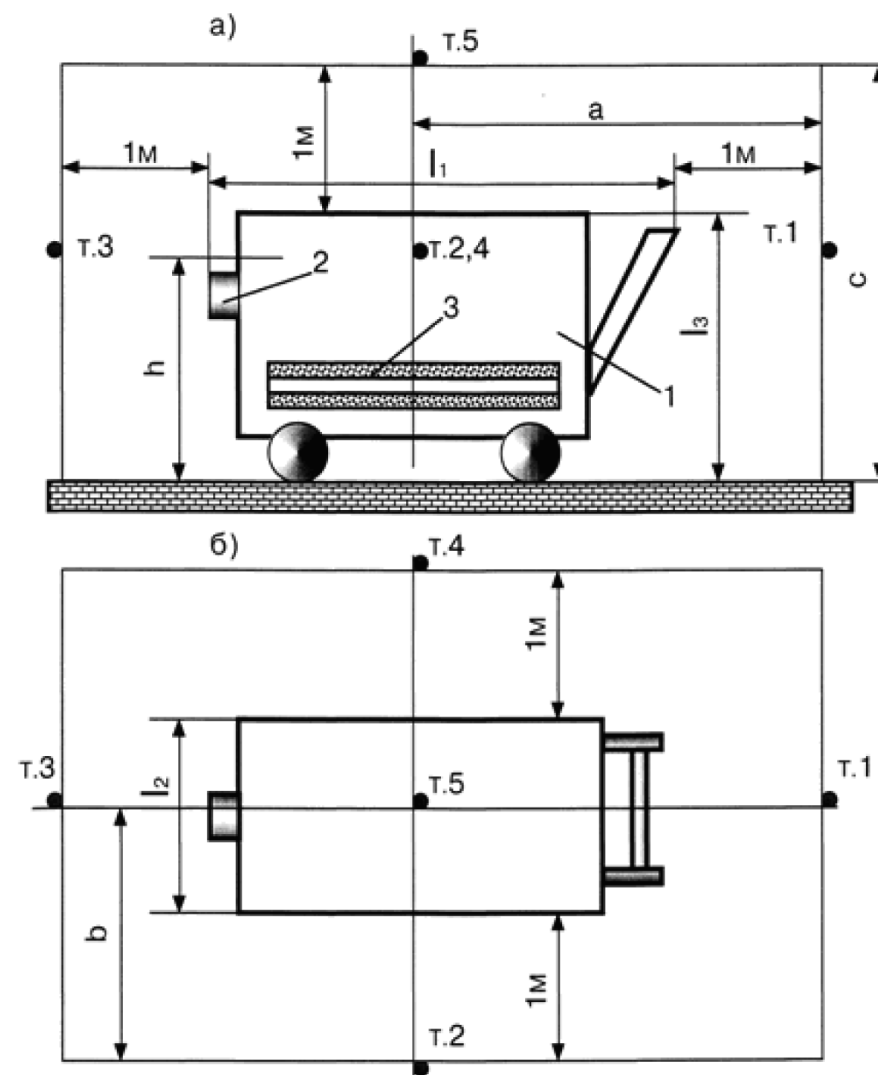
$$S = 4(ab + ac + bc) \cdot \frac{(a + b + c)}{(a + b + c + 2d)}.$$

Здесь  $l_1, l_2, l_3$  – соответственно длина, ширина и высота пылесоса, м,  $h$  – высота точек измерения над уровнем пола, м.

При принятых исходных данных эти параметры равны:  $a = 1,6$  м;  $b = 1,3$  м;  $c = 2,2$  м;  $h = 0,63$  м;  $S = 19,64$  м<sup>2</sup>.

В качестве первого варианта был испытан серийно устанавливаемый на пылесосе многокамерный реактивный глушитель [4], схема которого представлена на рис. 2 (схема №1).

Реактивный глушитель шума содержит цилиндрический корпус 1, жестко соединенный с торцевым впускным 6 и выпускным 8 патрубками. В корпусе 1, перпендикулярно направлению движения аэродинамического потока, установлены, по крайней мере, два диска 2 с отверстиями 3, образующие камеры 4, причем отверстия 3 дисков поочередно смещены относительно оси корпуса 1 таким образом, что отверстия в двух смежных дисках 2 не совпадают. Отношение длины корпуса  $L_1$  к его диаметру  $D$  лежит в оптимальном интервале величин:  $L_1 / D = 3,5 \dots 4,0$ ; а отношение диаметра корпуса  $D$  к диаметру  $D_1$  выпускного патрубка лежит в оптимальном интервале величин:  $D / D_1 = 4,5 \dots 5,5$ ; а отношение диаметра корпуса  $D$  к диаметру  $d$  отверстия дисков лежит в оптимальном интервале величин:  $D / d = 5,0 \dots 6,0$ , а отношение диа-



**Рис. 1. Схема измерительных точек при замере уровней звукового давления промышленного пылесоса типа НПП-2:**

а) схема измерительных точек во фронтальной плоскости, б) схема измерительных точек в горизонтальной плоскости; 1 – корпус пылесоса, 2 – всасывающий патрубок, 3 – патрубок для выхлопа воздуха с аэродинамическим глушителем шума

метра корпуса  $D$  к длине камеры  $L_k$  лежит в оптимальном интервале величин:  $D/L_k = 2,0 \dots 4,5$ .

Конструктивно он выполнен в виде цилиндрической трубы 1 диаметром 204 мм, длиной 766 мм и толщиной 2 мм, внутри которой установлены девять жестких перегородок 2, имеющих отверстия 3 диаметром 40 мм и образующих десять реактивных камер 4, причем перегородки установлены таким образом, что отсутствует «лучевой эффект».

Корпус 1 выполнен из конструкционных материалов, с нанесенным на его поверхности с одной или двух сторон слоя мягкого вибродемпфирующего материала, например мастики ВД-17, или материала типа «Герлен-Д», при этом соотношение между толщиной облицовки и вибродемпфирующего покрытия лежит в оптимальном интервале величин – 1: (2,5...3,5).

Реактивный глушитель шума работает следующим образом. Звуковые волны вместе с турбулентным потоком сжатого воздуха поступают в полость корпуса 1 и встречают на своем пути диски 2 с отверстиями 3, при этом явление «лучевого эффекта» полностью исключается за счет того, что отверстия 3 дисков поочередно смещены относительно оси корпуса 1 таким образом, что отверстия в двух смежных дисках 2 не

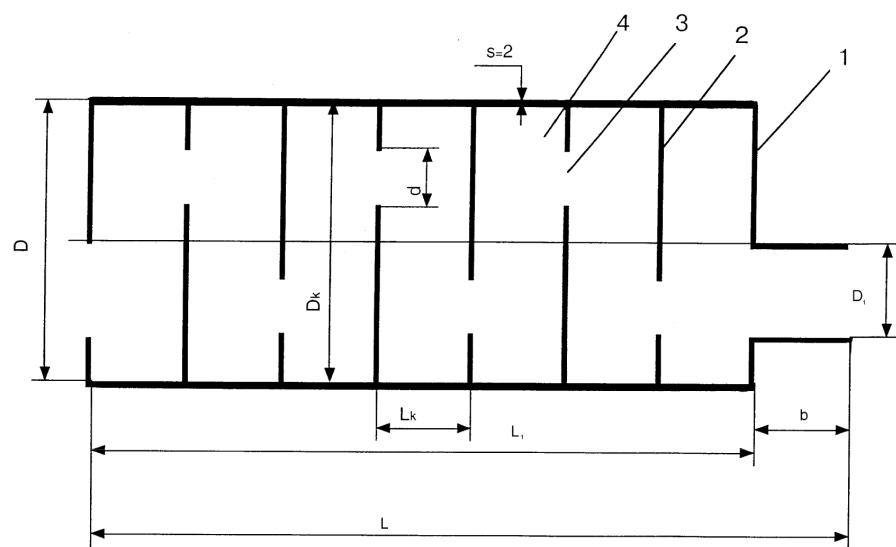


Рис. 2. Схема многокамерного реактивного аэродинамического глушителя шума, серийно устанавливаемого на пылесосе

НПП-2

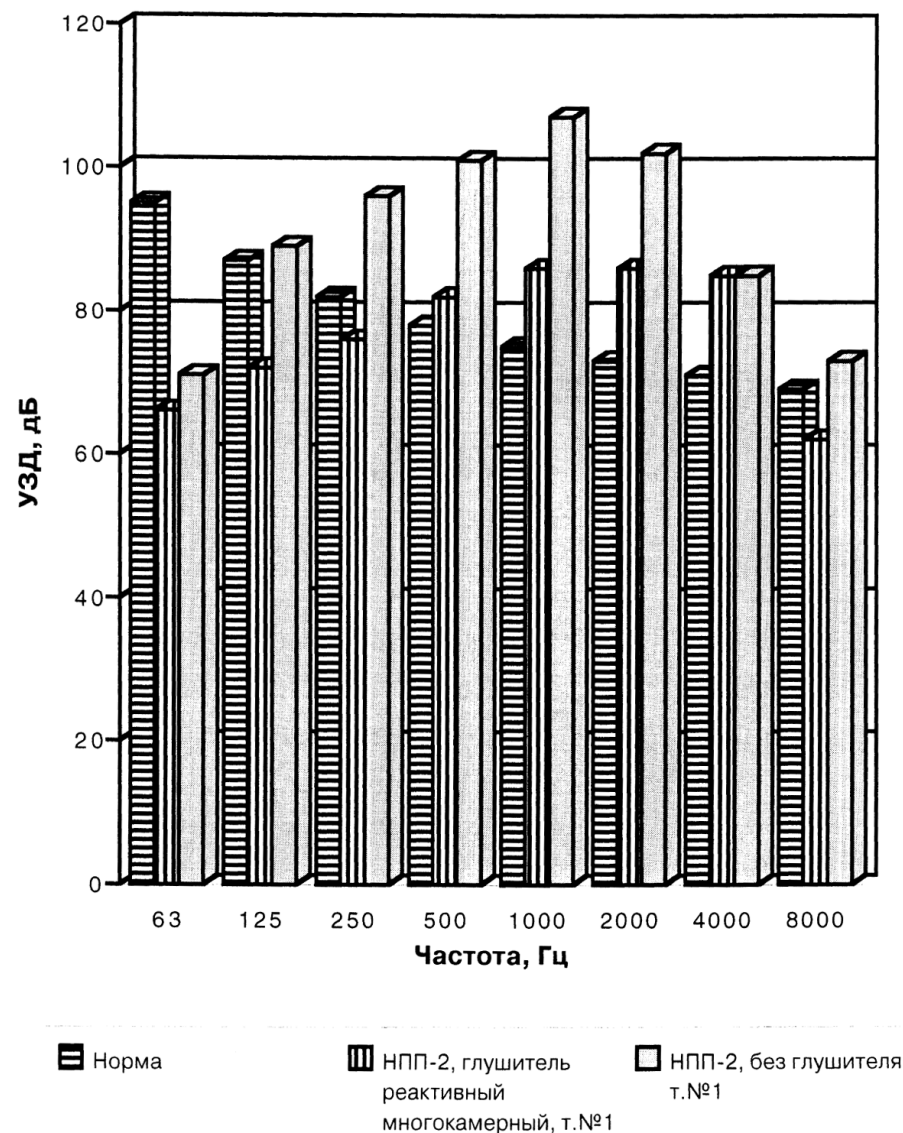


Рис. 3. Акустические характеристики пылесоса НПП-2 с серийным глушителем шума и без него в измерительной точке №1



совпадают. Камерные полости 4, образованные дисками 2, выполняет функцию акустического фильтра низкой частоты.

Корректировка по шуму помех не вносится, т.к. фон в цехе ниже уровня шума пылесоса более чем на 10 дБ (поправка  $\Delta = 0$ ).

Уровень звуковой мощности  $L_p$  вычисляется по формуле

$$L_p = L_{\bar{n}\delta} + 10 \lg \frac{S}{S_o}, \quad (2)$$

$$S_o = i \cdot \lambda^2.$$

При принятых исходных данных эти параметры равны:  $K = 2,1$  дБ;  $S_v = 710$  м<sup>2</sup>;  $A = 106,5$  м<sup>2</sup>.

Средние скорректированные уровни звукового давления  $L_{кор}$ , дБ, с учетом влияния отраженного звука согласно ГОСТ 12.1.028-80 определяем по формуле

$$L_{\bar{e}i\delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i - K; \quad (3)$$

$$K = 10 \lg \left[ 1 + 4S / A \cdot (1 - A / S_v) \right]$$

$$A = \alpha_s \cdot S_v.$$

где  $n$  – количество точек измерения на измерительной поверхности;  $L_i$  – уровень звукового давления в  $i$ -той измерительной точке, дБ;

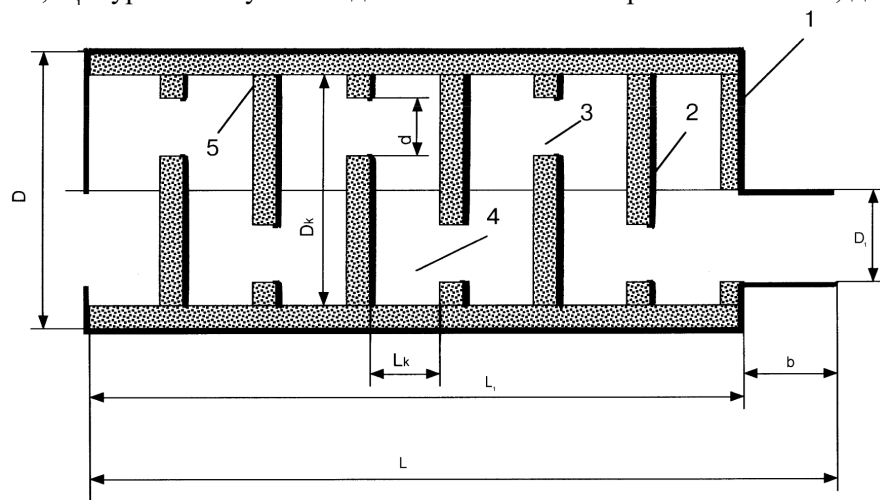


Рис. 4. Схема многокамерного аэродинамического глушителя шума с обработкой внутренних полостей звукопоглотителем толщиной 10 мм

$K$  – постоянная, учитывающая влияние отраженного звука;  $S_v$  – площадь ограждающих поверхностей в помещении, включая пол, м<sup>2</sup>;  $A$  – эквивалентная площадь звукопоглощения при коэффициенте звукопоглощения  $\alpha_s = 0,15$  для цеха с оборудованием, м<sup>2</sup>.

Анализируя полученные данные приходим к выводу, что акустические характеристики пылесоса НПП-2 с серийным (схема №1) глушителем шума (рис.3) при частоте вращения  $n=3000$  об/мин и плотности установки  $q = 0,01$  шт/м<sup>2</sup> не соответствуют требованиям ГОСТ 12.1.003-83, причем превышение уровней звукового давления наблюдается в основном в высокочастотной области 1000...8000 Гц и составляет порядка 7...10 дБ.

Для устранения этого недостатка при разработке средств модернизации в схему реактивного глушителя шума были введены элементы звукопоглощения [5]. На рис. 4 представлена схема многокамерного глушителя с обработкой внутренних полостей звукопоглотителем толщиной 10 мм (схема № 2).

Многокамерный глушитель шума (рис. 4) содержит цилиндрический корпус 1, жестко соединенный с торцевым впускным 6 и выпускным 8 патрубками. В корпусе 1, перпендикулярно направлению движения аэродинамического потока, установлены, по крайней мере, два диска 2 с отверстиями 3, образующие камеры 4, причем отверстия 3 дисков поочередно смещены относительно оси корпуса 1 таким образом, что отверстия в двух смежных дисках 2 не совпадают, при этом корпус изнутри облицован звукопоглощающим материалом 7, а также диски 2 облицованы звукопоглощающим материалом 5 со стороны движения аэродинамического потока. Отношение длины корпуса  $L_1$  к его диаметру  $D$  лежит в оптимальном интервале величин:  $L_1 / D = 3,5 \dots 4,0$ ; а отношение диаметра корпуса  $D$  к диаметру  $D_1$  выпускного патрубка лежит в оптимальном интервале величин:  $D / D_1 = 4,5 \dots 5,5$ ; а отношение диаметра корпуса  $D$  к диаметру  $d$  отверстия дисков лежит в оптимальном интервале величин:  $D / d = 5,0 \dots 6,0$ , а отношение диаметра корпуса  $D$  к длине камеры  $L_k$  лежит в оптимальном интервале величин:  $D / L_k = 2,0 \dots 4,5$ . Корпус 1 выполнен из конструкционных материалов, с нанесенным на его поверхности с одной или двух сторон слоя мягкого вибродемпфирующего материала, например мастики ВД-17, или материала типа «Герлен-Д», при этом соотношение между толщиной облицовки и вибродемпфирующего покрытия лежит в оптимальном интервале величин – 1: (2,5...3,5). Звукопоглощающий материал выпол-

нен из минеральной ваты на базальтовой основе типа «Rockwool», или минеральной ваты типа «URSA».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М., 1984.
2. ОСТ 27-72-218-85. ССБТ. Оборудование для легкой промышленности и производства химволокна. Методы определения шумовых характеристик. – М., 1985.
3. Сажин Б.С., Кочетов О.С. Снижение шума и вибраций в производстве: Теория, расчет, технические решения. – М., 2001.
4. Кочетов О.С. Реактивный глушитель шума промышленного пылесоса / Патент РФ № 2305779. Бюллетень изобретений. № 25 от 10.09.2007 г.
5. Кочетов О.С. Камерный глушитель шума промышленного пылесоса / Патент РФ № 2305783. Бюллетень изобретений. № 25 от 10.09.2007 г.

УДК: 539.3

## СИСТЕМА ПРОТИВОУДАРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ С ВЯЗКОУПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

*А.А. Локтев,*  
*д-р техн. наук,*  
*Московский финансово-юридический университет МФЮА*  
*E-mail: aaloktev@yandex.ru*

*В.В. Вершинин,*  
*Московский государственный строительный университет*  
*E-mail: aaloktev@yandex.ru*

**Аннотация.** В статье решается задача динамического контакта твердого тела и балки с учетом располагающегося между ними в зоне контакта противоударного изолятора, состоящего из упругого и вязкого элемента, соединенных параллельно и последовательно в разных вариантах изолятора. Определяются динамические характеристики удара, оценивается вклад в значения конечных характеристик упругих и вязких параметров изолятора.

**Ключевые слова:** ударное воздействие, вязкоупругий элемент Кельвина-Фойгта, вязкоупругий элемент Максвелла, динамические характеристики.

**Abstract.** In this article, the problem of the dynamic contact of a solid body and a beam is solved taking into account a shockproof isolator installed in the contact area between them. The shockproof isolator consists of the elastic and viscous elements which are connected parallel or consecutive in different isolators modifications. The dynamic characteristics of the contact interaction are determined. The contribution to the magnitudes of final characteristics of the elastic and viscous isolator's parameters are estimated.

**Keywords:** impact interaction, Kelvin-Voigt viscoelastic element, Maxwell viscoelastic element, dynamic characteristics.

Задачи, связанные с моделированием противоударных систем и изоляторов, рассматривались неоднократно отечественными и зарубежными учеными [1; 2; 3; 4]. В некоторых работах определялись контакт-

ная сила в месте удара [1;2], перемещения точек мишени [1; 2; 3; 4], ускорения, которые приобретает мишень после удара по ней [1; 2; 3]. В работах [2; 5; 6] рассматривались ударники, обладающие вязкоупругими, нелинейно упругими и упругопластическими свойствами, также изучалось влияние упругих и неупругих свойств мишени на конечные динамические характеристики удара с учетом стационарных и нестационарных процессов, появляющихся в них после начала контакта. Но одним из неизученных вопросов является выявление оптимальных значений параметров вязкоупругих изоляторов двух простейших типов: с ограниченной и неограниченной деформацией вязкого демпфера, – и определение возможностей использования того или иного вязкоупругого элемента.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В работе рассматривается механическая система (рис. 1) из двух тел и расположенным между ними изолятором, состоящим из вязкого и упругого элемента. На рис. 1а представлен изолятор с линейным вязкоупругим элементом типа Кельвина-Фойгта, а на рис. 1б – изолятор с вязкоупругим элементом Максвелла.

Предполагается, что ударник и точки мишени могут двигаться прямолинейно вдоль одной и той же прямой. Движение ударника и мишени после начала контакта для модели вязкоупругого тела типа Кельвина-Фойгта относительно основания описывается [1] системой дифференциальных уравнений:

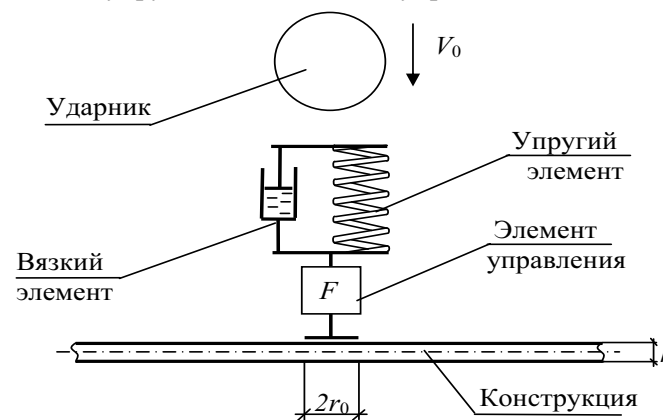
$$\begin{aligned} m_1 (\ddot{z}_1 + \ddot{z}_3) + K (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + C (z_1 - z_2) &= 0 \\ m_2 (\ddot{z}_2 + \ddot{z}_3) + K (\dot{z}_2 - \dot{z}_1) + C (z_2 - z_1) &= F \end{aligned} \quad (1)$$

для модели вязкоупругого элемента Максвелла справедливы следующие соотношения:

$$\begin{aligned} m_1 (\ddot{z}_1 + \ddot{z}_3) - K \int_0^t (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) e^{-\frac{t-t'}{\tau_1}} dt' + C (z_1 - z_2) &= 0 \\ m_2 (\ddot{z}_2 + \ddot{z}_3) - K \int_0^t (\dot{z}_2 - \dot{z}_1) e^{-\frac{t-t'}{\tau_1}} dt' + C (z_2 - z_1) &= F \end{aligned} \quad (2)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – массы тел ударника и мишени соответственно,  $z_1$  и  $z_2$  – координаты ударника и мишени относительно верхней точки изолятора,  $z_3$  – координата верхней точки изолятора относительно инерциальной системы отсчета,  $K$  – коэффициент вязкого сопротивления,  $C$  – коэффициент жесткости упругого элемента,  $F$  – управляющая сила.

а)



б)

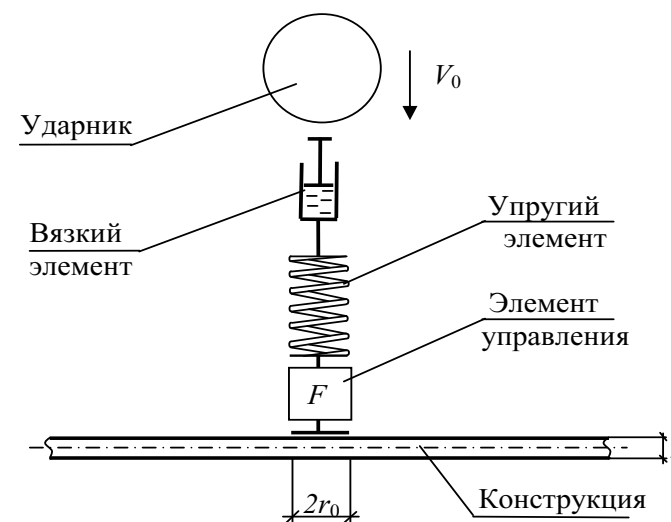


Рис. 1. Вид противоударных изоляторов с вязкоупругими элементами: а) Кельвина-Фойгта, б) Максвелла

Предполагается, что в начальный момент времени  $t = 0$  крайняя точка изолятора и область мишени под изолятором (контактная область) покоятся, т.е. уравнения (1), (2) рассматриваются при начальных условиях:

$$x(0) = 0, \quad y(0) = 0, \quad \dot{x}(0) = 0, \quad \dot{y}(0) = 0 \quad (3)$$

Ускорение  $\ddot{z}(t)$  характеризует внешнее воздействие, приложенное к верхней точке изолятора, и считается заданной функцией времени. В качестве критериев работы изолятора могут быть приняты такие величины, как сила, действующая на мишень под изолятором, максимальное смещение мишени, ускорение, которое получают точки защищаемой от ударного воздействия конструкции.

### МЕТОД РЕШЕНИЯ

В данной работе рассматривается мгновенный удар, т.е. контактная сила достигает своего максимального значения через какое-то время после касания ударником изолятора. В работах [6; 7] приведены примеры расчета, основанные на приближенной теории типа Сен-Венана для поперечного удара по балке, для которой учитываются вынужденные колебания, а контактная сила изменяется со временем по гармоническому закону, но предполагается, что ударное взаимодействие носит неупругий характер и не учитывается зависимость контактной силы от местных деформаций в зоне взаимодействия тел. В данной работе предполагается, что за время ударного взаимодействия стационарные и нестационарные процессы деформирования мишени не дошли до конца балки, т.е. рассматривается достаточно протяженная балка.

Предполагается, что балка, выступающая в качестве мишени, шарнирно оперта по краям, в качестве начальных условий ударного взаимодействия тел принимаются нулевые.

При нахождении аналитического выражения силы взаимодействия между ударяющим телом и балкой воспользуемся алгоритмом, приведенным в [8].

Дифференциальное уравнение колебаний стержня имеет вид:

$$\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = -\frac{\rho}{EI} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{q(x,t)}{EI}, \quad (4)$$

где  $\rho$  – приведенная к длине масса стержня.

Данное уравнение содержит производную по времени и производную по координате, для его решения необходимо избавиться или от одного типа производных с помощью условий совместности или от другого – с помощью преобразования Лапласа. Запишем уравнение (4) в пространстве изображений и представим неизвестные величины перемещения мишени и внешнюю нагрузку в следующем виде [8]:

$$u(x, p) = \frac{\tilde{y}(x, p)}{\tilde{P}(p)} = \frac{2l^3}{EI\pi^4} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{p^2 n^4} \sin\left(\frac{n\pi a}{l}\right) \sin\left(\frac{n\pi x}{l}\right), \quad (5)$$

где  $p$  – параметр преобразования Лапласа,  $a$  – координаты точки приложения контактной силы  $\tilde{P}(p)$ , тильда над функцией обозначает ее представление в пространстве изображений,  $l$  – полудлина балки. Зависимости между функциями и изображениями указаны в [9]. Граничные и начальные условия в пространстве изображений остаются прежними.

После определения зависимости для прогиба балки можно перейти к определению контактной силы в месте взаимодействия двух тел, для этого рассмотрим уравнение движения ударника после начала контакта:

$$m_1 \frac{d^2 s}{dt^2} = m_1 g - P(t), \quad (6)$$

где  $s(t) = \alpha(t) + y(a, t)$  – полное перемещение ударника,  $\alpha(t)$  – деформации изолятора, а прогиб  $y(a, t)$  вычисляется в месте ударного воздействия.

Динамический контакт происходит при соблюдении следующих начальных условий:

$$s(t=0) = 0, \quad \frac{ds(x, 0)}{dt} = V_0. \quad (7)$$

Зависимость местного смятия от контактной силы определяется при решении контактной задачи механическими и геометрическими параметрами контактирующих тел, в качестве основного чаще всего используется модифицированное соотношение Герца:

$$\alpha(t) = b P(t)^q, \quad (8a)$$

или, в случае вязкоупругого элемента Максвелла, контактная сила принимает интегральный вид с экспоненциальным ядром релаксации [2]:

$$P(t) = E_1(\alpha - w) - \frac{E_1}{\tau_1} \int_0^t (\alpha - w) e^{-\frac{t-t'}{\tau_1}} dt', \quad (86)$$

где  $b$  определяется геометрическими и механическими свойствами соударяющихся тел,  $t'$  – переменная интегрирования,  $q=2/3$  – для начального касания в одной точке,  $q=1 - \frac{1}{2n+1}$  – для плотного начального касания.

На основании соотношений (7) и (8), записанных в пространстве изображений, из уравнения (6) получим:

$$\tilde{P}(p)(1 + m_1 p^2 u) = -m_1 p^2 b \tilde{P}(p)^q + m_1 p V_0 + m_1 g, \quad (9)$$

Для решения уравнения (9) можно использовать алгоритм последовательных приближений [8], в результате чего получим рекуррентную формулу для  $\tilde{P}(p)$ :

$$\tilde{P}(p) = \left( \frac{V'}{bp} \right)^{\frac{1}{q}} \left( 1 + (1 + m_1 p^2 u) \frac{V'^{\frac{1}{q}}}{m_1 p (pb)^{\frac{1}{q}}} \left( 1 + (1 + m_1 p^2 u) \frac{\tilde{P}(p)^{1-q}}{b m_1 p^2} \right)^{\frac{1}{q}} \right)^{\frac{1}{q}}, \quad (10)$$

где  $V' = V_0 + \frac{g}{p}$ .

Если положить в правых частях равенств (10)  $\tilde{P} = 0$ , то получим приближения для контактной силы соответствующего порядка, который определяется степенью вложенности. Ограничиваясь в выражении для  $u$  только первым членом ряда, в соответствии с рекомендациями [6], и заменяя всю массу балки приведенным к точке приложения контактной силы значением  $\frac{1}{2} p l$ , в пространстве оригиналов получим окончательное выражение [9]. Время первого ударного контакта находится по формуле для  $P(t)$  и соответствует времени, при котором  $P(t)=0$ .

В случае изолятора с вязкоупругим элементом Максвелла система уравнений (2) решается также с помощью метода преобразования Лапласа.

Решая эту систему, получим выражения:

$$\bar{\alpha} = \frac{V_0 [(\chi + p)(p + B_1) + A_1]}{p [p^3 + (\chi + B_1)p^2 + (C_1 + B_1\chi)p + B_1 C_0]}, \quad (11)$$

$$\bar{w} = \bar{\alpha} \frac{p(\chi + p) + \frac{E_1}{m}}{-p(\chi + p) + \frac{E_1}{m}} - \frac{V_0(\chi + p)}{\left[ -p(\chi + p) + \frac{E_1}{m} \right] p}, \quad (12)$$

$$\text{где } \chi = 1/\tau_1, A_1 = \frac{E_1}{\rho h \pi r_0^2}, B_1 = \frac{2G^{(2)}}{r_0}, C_1 = E_1 \left( \frac{2}{\rho h \pi r_0^2} + \frac{1}{m} \right), C_0 = \frac{E_1}{m}.$$

Представление выражений (11), (12) в пространстве оригиналов зависит от корней характеристического уравнения:

$$p^3 + (\zeta + B_1)p^2 + (C_1 + B_1\zeta)p + B_1 C_0 = 0, \quad (13)$$

представляющего равенство нулю знаменателя соотношения (11).

## ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа полученных аналитических зависимостей и установления влияния параметров изолятора на конечные характеристики удара построим графики для ускорения точек мишени под областью контакта (рис. 2) от времени для случаев использования изолятора с вязкоупругим элементом Кельвина-Фойгта (кривые 1,2,3) и элементом Максвелла (кривые 4,5,6) для различных значений упругой и вязкой составляющей изолятора. Кривые 1 и 4 получены для случая  $C = 10^3$  Н/м,  $K = 10^6$  Нс/м, кривые 2 и 5 соответствуют значениям  $C = 10^3$  Н/м,  $K = 10^3$  Нс/м, а кривые 3 и 6 –  $C = 10^6$  Н/м,  $K = 10^3$  Нс/м. Остальные параметры взаимодействия принимают следующие значения:  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа,  $q=2/3$ ,  $m = 1$  кг,  $V_0 = 8$  м/с,  $l=2$ м, тип профиля – двутавр № 40. На рис. 2 видно, что максимальные ускорения мишени соответствуют изолятору с вязкоупругим элементом Кельвина-Фойгта, кроме того, время их возникновения существенно меньше, чем для элемента Максвелла, для которого кривые в целом более плавные и имеют максимальные значения сильнее разнесенные во времени в зависимости от параметров упругости и вязкости.

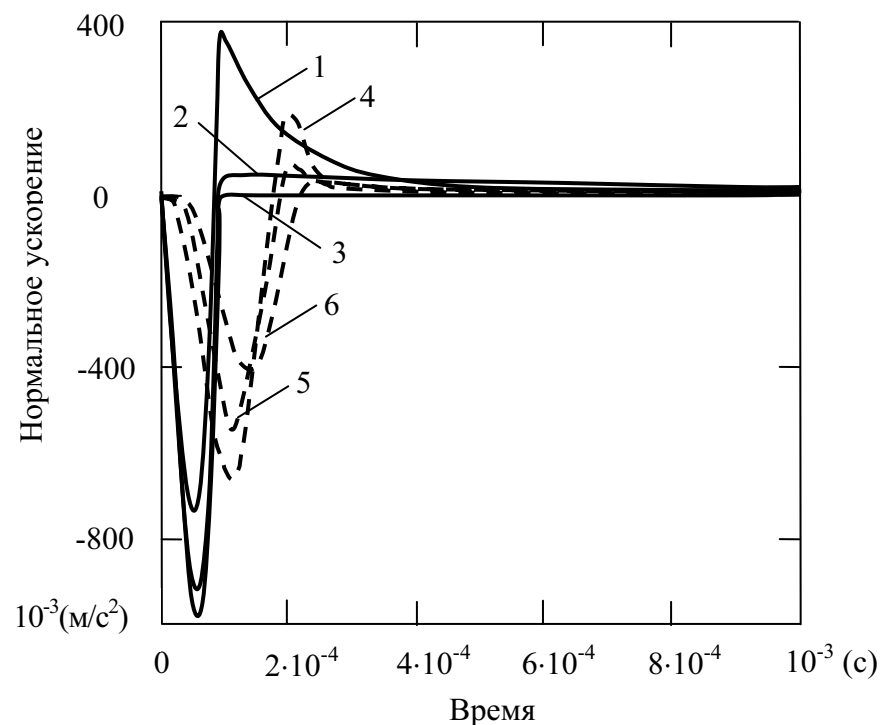


Рис. 2. Зависимость нормального ускорения от времени для различных значений упругих и вязких характеристик изолятора

Приведенные на рис. 2 зависимости позволяют воспользоваться качественными параметрами, вычисляемыми по формулам (4 – 6), и сделать вывод о том, что изолятор с вязкоупругим элементом типа Максвелла в целом является более мягким, но вместе с тем элемент Кельвина-Фойгта обеспечивает большее время, в течение которого прогиб мишени не вернется в ноль. Работа элемента Кельвина-Фойгта существенно зависит от времени приложения нагрузки: в случае кратковременной динамической нагрузки (ударное взаимодействие) деформации не успевают развиться и изолятор ведет себя достаточно жестко, а деформации нарастают и после приложения нагрузки. Элемент Максвелла работает практически при любой длительности приложения нагрузки, но он не позволяет распределить значения динамических характеристик точек мишени во времени.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баландин Д. В., Болотник Н. Н. Предельные возможности противоударной изоляции системы с двумя степенями свободы // Изв. РАН МТТ. 2001. №6.
2. Локтев А.А. Удар вязкоупругого тела по упругой изотропной пластинке // Механика композиционных материалов и конструкций, Т. 13. 2007. №3.
3. Баландин Д. В., Болотник Н. Н. Оптимизация параметров противоударных изоляторов для системы с двумя степенями свободы // Изв. РАН МТТ. 2003. №3.
4. Balandin D.V., Bolotnik N.N., W.D. Pilkey, S.V. Purtsezov, C.G. Shaw Concept of a platform-based impact isolation system for protection of wheelchair occupants from injuries in vehicle crashes // Medical Engineering and Physics. – 2008. № 30.
5. Локтев А.А. Исследование нелинейности ударника на процесс ударного взаимодействия твердого тела и тонкой пластинки // Сб. тр. Международной конференции, посвященной 75-летию со дня рождения В.И. Зубова «Устойчивость и процессы управления» – СПб., 2005.
6. Кильчевский Н. А. Теория соударений твердых тел. – Киев, 1969.
7. Беляев Н. М. Сопротивление материалов. – М., 1962.
8. Тимошенко С. П. Прочность и колебания элементов конструкций. – М., 1975.
9. Лурье А. И. Операционное исчисление и его приложение к задачам механики. – М.;Л., 1951.

УДК 339.138

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ТИПА «ВОДА – ДНО»

М.С. Гичян,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: Maxim.gichyan@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается дно как пористая среда, состоящая из слоев различной проницаемости. Предлагается метод моделирования загрязнения среды типа «ВОДА – ДНО» более тяжелыми, чем вода, веществами, в условиях предположения, что жидкости слабосжимаемы. Рассматривается проблема расчета задачи на стыке сред различной проницаемости. Приводится пример расчета задачи, основанной на данной модели.

**Ключевые слова:** теория фильтрации, пористость, проницаемость среды, капиллярное давление, интерфейсные условия, разностные уравнения, расчетная сетка.

**Abstract.** The article considers the ground as a porous medium, consisting of the layers with different porosity. It is suggested to apply a method of simulation of «water – ground» type medium pollution with the substances heavier than water, presupposing that the liquids are slightly compressed. A problem of calculation at the joining point of the media with different porosity is considered and the calculation example is suggested, based on the mentioned model.

**Keywords:** filter theory, porosity, medium porosity, capillary pressure, front-end (interface) conditions, difference equation, calculation grid.

Теория фильтрации, изучающая законы движения жидкостей, газов и их смесей в пористой или трещиноватой среде, имеет обширное практическое применение. Фильтрационные расчеты играют исключительно важную роль при разработке технологий добычи нефти и газа, при проектировании, постройке и эксплуатации гидротехнических и мелиоративных сооружений, в горном деле, в решении экологических проблем. Не теряя своего значения на протяжении многих десятилетий, задачи фильтрации в настоящее время становятся еще более актуальными.

В данной работе предлагается применить теорию фильтрации для моделирования процессов, связанных с загрязнением дна. Из работ [5] и [6] получается система уравнений, для описания движения двухфазной слабосжимаемой жидкости с учетом капиллярных явлений, выпишем ее:

$$m \frac{\partial(\rho_\alpha S_\alpha)}{\partial t} + \tau \frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2} + \text{div}(\rho_\alpha \bar{u}_\alpha) = \text{div} \frac{l_\alpha c_\alpha}{2} \text{grad}(\rho_\alpha S_\alpha) + q_\alpha \quad (1)$$

$$\bar{u}_\alpha = -K \frac{k_\alpha(S_1)}{\mu_\alpha} (\text{grad}(p_\alpha) - \rho_\alpha \bar{g}) \quad (2)$$

$$\rho_\alpha = \rho_{0\alpha} [1 + \beta_\alpha (p_\alpha - p_{0\alpha})] \quad (3)$$

$$S_w + S_n = 1 \quad (4)$$

$$p_n - p_w = p_c(S_w) \quad (5)$$

$$p_c(S) = P_d S_e^{-\frac{1}{\epsilon}} \quad (6)$$

$$S_e = \frac{S_w - S_{wr}}{1 - S_{wr}} \quad (7)$$

$$k_w(S) = S_e^{\frac{2+3\lambda}{\lambda}}, \quad k_n(S) = (1 - S_e)^2 \left( 1 - S_e^{\frac{2+\lambda}{\lambda}} \right) \quad (8)$$

(индекс  $\alpha$  обозначает фазу: w – вода, n – NAPL от английского Non-Aqueous Phase Liquid),

где m – это пористость,  $S_\alpha$  – насыщенность фазы,  $k_\alpha(S_w)$  – относительная фазовая проницаемость,  $\bar{g}$  – ускорение свободного падения, q – источник жидкости,  $p_c(S)$  – капиллярное давление,  $S_e$  – эффективная насыщенность,  $S_{wr}$  – остаточная насыщенность водной фазы,  $P_d$  – пороговое давление,  $\lambda$  – индикатор пористости для данной среды

Рассмотрим двумерную задачу и выпишем разностные уравнения, получаемые для трехслойной явной схемы в двумерном случае:

$$m \frac{(\rho_\alpha S_\alpha)_{i,k}^{j+1} - (\rho_\alpha S_\alpha)_{i,k}^{j-1}}{2\Delta t} + \tau \frac{(\rho_\alpha S_\alpha)_{i,k}^{j+1} - 2(\rho_\alpha S_\alpha)_{i,k}^j + (\rho_\alpha S_\alpha)_{i,k}^{j-1}}{\Delta t^2} +$$

$$+ \frac{(\rho_\alpha u_x)_{i+1,k}^j - (\rho_\alpha u_x)_{i-1,k}^j}{2h} + \frac{(\rho_\alpha u_y)_{i,k+1}^j - (\rho_\alpha u_y)_{i,k-1}^j}{2h} = \left( \frac{\partial}{\partial x} (\rho_\alpha S_\alpha)_{\bar{x},\bar{y}} \right)_{x,y}^j + q_\alpha \quad (9)$$

$$u_{y,i,k}^j = -K \frac{k_\alpha}{\mu_\alpha} \left( \frac{p_{\alpha,i,k+1}^j - p_{\alpha,i,k-1}^j}{2h} - \rho_{\alpha,i,k}^j g \right) \quad (10)$$

$$u_{x,i,k}^j = -K \frac{k_\alpha}{\mu_\alpha} \left( \frac{p_{\alpha,i+1,k}^j - p_{\alpha,i-1,k}^j}{2h} \right) \quad (11)$$

Тогда алгоритм расчетов будет состоять из следующих этапов по каждой фазе [6]:

Вычисление по формулам (10) и (11) компонентов скорости фильтрации.

Вычисление  $(\rho_\alpha S_\alpha)_{i,k}^{j+1}$  из уравнения (9) на новом слое по времени.

Вычисление насыщенности DNAPL  $S_{ni,k}^j$  и давления водной фазы  $p_{wi,k}^j$  на новом слое по времени в каждом узле расчетной сетки из следующей системы уравнений:

$$\rho_{0w}[1 + \beta_w(p_{w,i,k}^{j+1} - p_{0w})](1 - S_{n,i,k}^{j+1}) = (\rho_w S_w)_{i,k}^{j+1} \quad (12)$$

$$\rho_{0n}[1 + \beta_n(p_{n,i,k}^{j+1} + p_c(1 - S_{n,i,k}^{j+1}) - p_{0w})] = (\rho_n S_n)_{i,k}^{j+1}$$

Система (12) получена умножением уравнений состояний (3) с обеих сторон на  $S_\alpha$  и применением формулы для зависимости давлений фаз и капиллярного давления (5) и может быть решена методом Ньютона.

Вычисление  $S_{wi}^{j+1}$ ,  $p_{ni}^{j+1}$  и  $\rho_{\alpha i}^{j+1}$  из (4), (5) и уравнения состояния (3) соответственно.

Рассмотрим случай неоднородной области (т.е., среды, состоящей из блоков с различными свойствами – абсолютной проницаемостью, пористостью и т. д.). Возникает проблема разрыва некоторых параметров на границе раздела фаз. В этом случае при расчетах необходимо выполнение двух условий на интерфейсе: непрерывность потока через границу раздела и непрерывность капиллярного давления. Из последнего условия вытекает разрыв насыщенности на интерфейсе (рис. 1).

Если расчетная область состоит из двух подобластей с разными свойствами, то, как было сказано выше, капиллярное давление считается непрерывным на границе раздела, а водонасыщенность является разрывной величиной. Для моделирования этой ситуации предлагается следующий алгоритм. Обозначим соседние подобласти  $G_1$  и  $G_2$ , причем в  $G_2$  пороговое давление больше, чем в  $G_1$ . Тогда водонасыщенность в подобласти  $G_2$  на интерфейсе рассчитывается по следующей формуле:

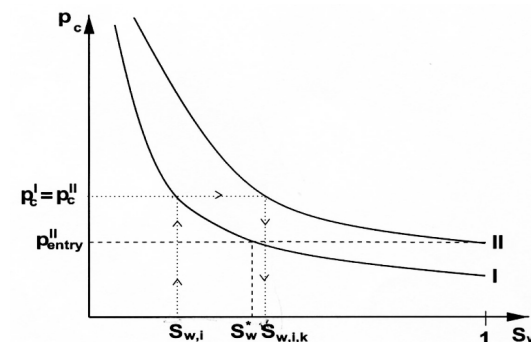


Рис. 1. Непрерывность капиллярного давления и разрыв насыщенности на интерфейсе

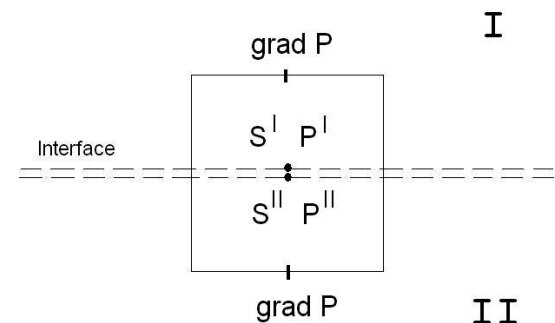


Рис. 2. Расчетная ячейка на границе раздела сред

$$S_w|_{G_2}^\Gamma = \begin{cases} 1, & \text{если } S_w|_{G_1}^\Gamma \geq S_w^*, \\ [P_k]_{G_2}^{-1}, & \text{если } S_w|_{G_1}^\Gamma < S_w^*, \end{cases} \quad (13)$$

где  $[P_k]_{G_2}^{-1}$  – функция, обратная функции Брукса – Кори в области  $G_2$ , выражающая зависимость насыщенности от капиллярного давления;  $S_w|_{G_1}^\Gamma$  и  $S_w|_{G_2}^\Gamma$  – значения водонасыщенности на интерфейсе соответственно со стороны областей  $G_1$  и  $G_2$ ;  $S_w^*$  – водонасыщенность, при которой достигается пороговое давление области  $G_2$ , т.е. она определяется из условия  $[P_k]_{G_1}(S_w^*) = [P_k]_{G_2}$ . Таким образом, чтобы DNAPL попал в область  $G_2$ , его насыщенность в области  $G_1$  на интерфейсе должна быть больше, чем  $1 - S_w^*$ .



$$S_w^* = S_{wr1} + (1 - S_{wr1}) \left( \frac{Pd_1}{Pd_2} \right)^{\lambda_1} \quad (14)$$

$$[P_k]_{G_2}^{-1} = S_{wr2} + (1 - S_{wr2}) \left( \frac{Pd_2}{Pd_1} \right)^{\lambda_2} S_e^{\frac{\lambda_2}{\lambda_1}} \quad (15)$$

В данной работе предлагается перейти к уравнению неразрывности в интегральной форме, в узлах расчетной сетки, лежащих на интерфейсе (линии раздела сред), а также в узлах смежных с ними.

Рассмотрим расчетный узел интерфейса (рис. 3). Уравнение неразрывности в этом случае примет вид:

$$m \frac{\partial}{\partial t} \int_{\Omega} (\rho S)^{up} dV / 2 + m \frac{\partial}{\partial t} \int_{\Omega} (\rho S)^{down} dV / 2 + \tau \frac{\partial^2}{\partial t^2} \int_{\Omega} (\rho S)^{up} dV / 2 + \tau \frac{\partial^2}{\partial t^2} \int_{\Omega} (\rho S)^{down} dV / 2 + \int_{\partial \Omega} \rho_{\alpha} \bar{u}_{\alpha} d\bar{\gamma} = \frac{l_{\alpha} c_{\alpha}}{2} \int_{\partial \Omega} grad(\rho S)_{\alpha} d\bar{\gamma} \quad (16)$$

где  $(\rho S)^{up} \alpha$  и  $(\rho S)^{down} \alpha$  – значение функции над и под интерфейсом.

Так как  $(\rho S)^{down} \alpha = \text{const}$  до просачивания через интерфейс. Следовательно, пока  $S_w^{up} > S_w^*$  разностное уравнение будет иметь вид:

$$m \frac{(\rho_{\alpha} S_{\alpha})_{i,k}^{j+1} - (\rho_{\alpha} S_{\alpha})_{i,k}^{j-1} h^2}{2\Delta t} + \tau \frac{(\rho_{\alpha} S_{\alpha})_{i,k}^{j+1} - 2(\rho_{\alpha} S_{\alpha})_{i,k}^j + (\rho_{\alpha} S_{\alpha})_{i,k}^{j-1} h^2}{\Delta t^2} - \quad (17)$$

$$(\rho_{\alpha} u_y)_{i,2}^j h + (\rho_{\alpha} u_x)_{i,3}^j \frac{h}{2} - (\rho_{\alpha} u_x)_{i,3}^j \frac{h}{2} + (\rho_{\alpha} u_y)_{i,4}^j h + (\rho_{\alpha} u_x)_{i,3'}^j \frac{h}{2} - (\rho_{\alpha} u_x)_{i,3'}^j \frac{h}{2} = \left( \frac{l_{\alpha} c_{\alpha}}{2} (\rho_{\alpha} S_{\alpha})_{x,y}^j \right)^*$$

В данном уравнении  $(\rho_{\alpha} S_{\alpha})$  – это значение функции над интерфейсом. Когда  $S_w^p$  станет меньше, чем  $S_w^*$ , произойдет переход DNAPL через интерфейс, и разностное уравнение изменится следующим образом:

$$m \frac{(\bar{\rho}_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^{j+1} - (\bar{\rho}_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^{j-1} h^2}{2\Delta t} + \tau \frac{(\bar{\rho}_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^{j+1} - 2(\bar{\rho}_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^j + (\bar{\rho}_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^{j-1} h^2}{\Delta t^2} + \quad (18)$$

$$+ m \frac{(\rho_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^{j+1} - (\rho_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^{j-1} h^2}{2\Delta t} + \frac{(\rho_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^{j+1} - 2(\rho_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^j + (\rho_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^{j-1} h^2}{\Delta t^2} -$$

$$- (\rho_{\alpha} u_y)_{i,2}^j h + (\rho_{\alpha} u_x)_{i,3}^j \frac{h}{2} - (\rho_{\alpha} u_x)_{i,3}^j \frac{h}{2} + (\rho_{\alpha} u_y)_{i,4}^j h + (\rho_{\alpha} u_x)_{i,3'}^j \frac{h}{2} - (\rho_{\alpha} u_x)_{i,3'}^j \frac{h}{2} =$$

$$= \left( \frac{l_{\alpha} c_{\alpha}}{2} (\rho_{\alpha} S_{\alpha})_{x,y}^j \right)^*$$

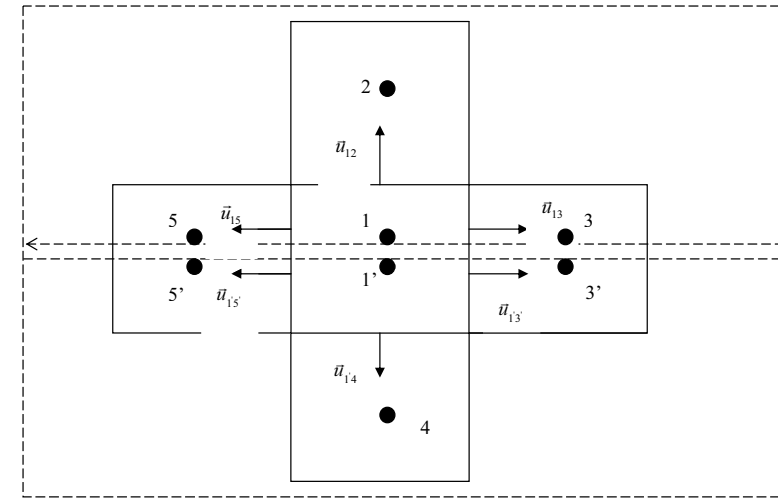


Рис. 3. Расчетный узел интерфейса

где  $\bar{S}_w$  и  $\tilde{S}_w$  – значения функции над и под интерфейсом соответственно. Из формул (14) и (15) получаем:

$$\tilde{S}_w^{j+1} = S_{w,2} + (1 - S_{w,2}) \left( \frac{Pd_2}{Pd_1} \right)^{\lambda_2} \bar{S}_e^{j+1} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (19)$$

Раскладывая данную функцию в ряд Тейлора до слагаемого с первой производной и подставляя в (18), а также используя тот факт, что обе жидкости слабосжимаемы, приходим к разностному уравнению:

$$(\rho_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^{j+1} = \frac{1}{B_3} \left( \frac{2}{h^2} \left( \frac{l_{\alpha} c_{\alpha}}{2} (\bar{\rho}_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{x,y}^j + (\rho_{\alpha} u_y)_{i,2}^j h - (\rho_{\alpha} u_x)_{i,3}^j \frac{h}{2} + \right. \right. \quad (20)$$

$$\left. \left. + (\rho_{\alpha} u_x)_{i,3}^j \frac{h}{2} - (\rho_{\alpha} u_y)_{i,4}^j h - (\rho_{\alpha} u_x)_{i,3'}^j \frac{h}{2} + (\rho_{\alpha} u_x)_{i,3'}^j \frac{h}{2} + \right) + \right.$$

$$\left. + B_1 (\bar{\rho}_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^{j-1} + B_2 (\bar{\rho}_{\alpha} \bar{S}_{\alpha})_{i,k}^j + B_4 (\rho_{\alpha} S_{\alpha})_{i,k}^{j-1} - B_3 (\rho_{\alpha} S_{\alpha})_{i,k}^j \right)$$

где:

$$B_1 = \frac{m}{2\Delta t} - \frac{\tau}{\Delta t^2},$$

$$B_2 = 2 \frac{\tau}{\Delta t^2} + m \frac{[P_k]_{G_2}^{-1} (\bar{S}_{\alpha,i,k}^j)}{2\Delta t} + \frac{\tau [P_k]_{G_2}^{-1} (\bar{S}_{\alpha,i,k}^j)}{\Delta t^2},$$

$$\begin{aligned}
 B_3 &= \frac{m}{2\Delta t} - \frac{\tau}{\Delta t^2}, \\
 B_4 &= \frac{m}{2\Delta t} - \frac{\tau}{\Delta t^2}, \\
 B_5 &= \frac{m}{2\Delta t} + \frac{\tau}{\Delta t^2} + [P_k]_{G_2}^{-1} (\widehat{S}_{\alpha,i,k}^j)' \left( \frac{m}{2\Delta t} + \frac{\tau}{\Delta t^2} \right)
 \end{aligned}
 \tag{21}$$

Далее, подставляя  $(\widehat{\rho}_\alpha \widehat{S}_\alpha)_{i,k}^{j+1}$  в уравнения (12), переходим к решению системы уравнений методом Ньютона.

На основе данного алгоритма была написана программа для расчета распространения загрязнения в неоднородной среде, далее представлены ее результаты.

Рассматривается двумерная задача о просачивании DNAPL в резервуар, заполненный водой. В центре резервуара находится слабопроницаемая линза.

	Среда	Линза	Единицы измерения
m	0.4	0.4	–
k	$6,64 \cdot 10^{-11}$	$7,15 \cdot 10^{-12}$	м <sup>2</sup>
S <sub>вг</sub>	0.09	0.12	–
λ	3.86	2.49	–
P <sub>d</sub>	755	2060	Па

$$\mu_1 = 0,001 \text{ кг/(м·с)}; \mu_2 = 0,0009 \text{ кг/(м·с)};$$

$$\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3; \rho_2 = 1460 \text{ кг/м}^3;$$

В середине верхней границе поставлен источник  $q = 5 \cdot 10^{-7} \text{ кг/с}$ .

а) начальные условия.  $S_2(t_0) = 0$ ,

$$P_1 = P_{\text{атм}} + \rho g y,$$

б) граничные условия (условия не протекания)

(боковые границы):  $\frac{\partial P_\alpha}{\partial x} = 0; \frac{\partial S_\alpha}{\partial x} = 0;$

(верхняя граница):  $\frac{\partial p}{\partial y} = \rho \bar{g}; \frac{\partial S_1}{\partial y} = 0;$

(нижняя граница):  $\frac{\partial p}{\partial y} = \rho \bar{g}; \frac{\partial S_1}{\partial y} = 0;$



Рис. 4а. Распределение насыщенности DNAPL в момент времени 960 сек.

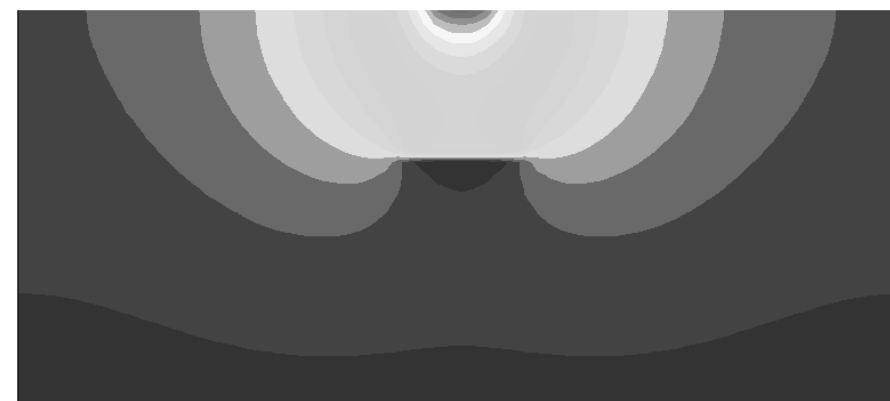


Рис. 4б. Распределение насыщенности DNAPL в момент времени 2880 сек.

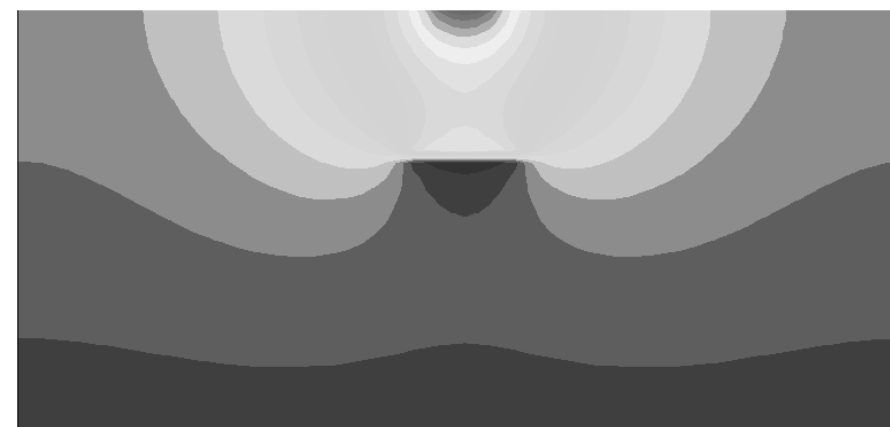


Рис. 4в. Распределение насыщенности DNAPL в момент времени 4800 сек.

Размер расчетной области –  $50 \times 71$  расчетных узлов (по  $y$  и  $x$  соответственно). Размер узла  $0,01\text{м} \times 0,01\text{м}$ .

На рисунках 4а, 4б и 4в показано распределение насыщенности DNAPL в различные моменты времени. На рис. 5 показан график зависимости  $S_n(y, 36)$  (т.е. в центральном срезе) в момент времени 4800 сек.

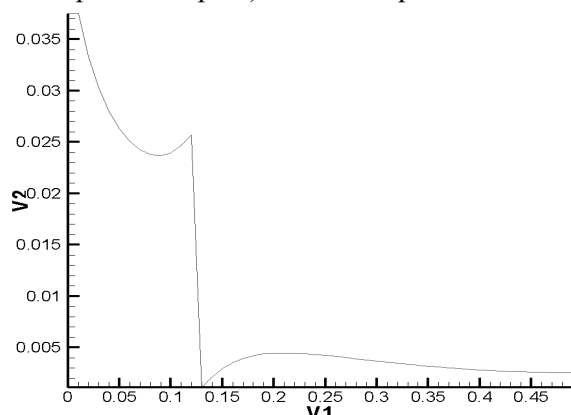


Рис. 5 График зависимости  $S_n(y, 36)$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Chetverushkin B.N. High-performance computing: Fundamental problems in industrial application / In Parallel, distributed and grid computing for engineering. Stirlingshire: Saxe-Coburg Publications, 2009.
2. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидромеханика. – М., 1993.
3. Четверушкин Б.Н. Кинетически-согласованные схемы в газовой динамике. – М., 1999.
4. Четверушкин Б.Н. К вопросу об ограничении снизу на масштабы в механике сплошной среды // Время, хаос, математические проблемы. Вып. 4. М., 2009.
5. Трапезникова М.А., Белоцерковская М.С., Четверушкин Б.Н. Аналог кинетически-согласованных схем для моделирования задачи фильтрации // Математическое моделирование. 2002. Т.14. №10.
6. Четверушкин Б.Н., Морозов Д.Н., Трапезникова М.А., Чурбанова Н.Г., Шильников Е.В. Об одной явной схеме для решения задач фильтрации // Математическое моделирование, 2010. Т. 22. №4.
7. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М., 1977.

УДК 628.517.2

## ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИЕ ОГРАЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*В.А. Матисон,  
д-р техн. наук,  
Московский государственный университет пищевых производств  
E-mail: iuk@mgipp.ru*

*С.А. Тихомиров,  
Московский государственный университет пищевых производств  
E-mail: iuk@mgipp.ru*

*О.С. Кочетов,  
д-р техн. наук,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: o\_kochetov@mail.ru*

**Аннотация.** Статья посвящена снижению шума на рабочих местах производственных помещений с использованием звукоизолирующих ограждений, устанавливаемых на наиболее шумное оборудование с учетом его акустических характеристик. Рассмотрен вопрос установки звукоизолирующих ограждений на оборудование в целом и на отдельные его узлы.

**Ключевые слова:** снижение шума, рабочие места, производственные помещения, звукоизолирующие ограждения, акустические характеристики.

**Abstract.** Article is devoted noise decrease on workplaces of industrial premises with use of the soundproofing protections, established on the most noisy equipment taking into account its acoustic characteristics. The question of installation of soundproofing protections on the equipment as a whole and on its separate knots is considered.

**Keywords:** noise decrease, workplaces, the industrial premises soundproofing protections, acoustic characteristics.

Для снижения шума на рабочих местах производственных помещений используются как звукопоглощающие облицовки и конструкции, так и звукоизолирующие ограждения, устанавливаемые на наиболее

шумное оборудование с учетом их акустических характеристик [1, с. 73]. При этом установка звукоизолирующих ограждений может осуществляться как на оборудование в целом [3, с. 29] с прозрачными экранами [5, с. 19], так и на отдельные его узлы [2, с. 51].

На рис. 1 представлена схема звукоизолирующего ограждения, предназначенного для установки его на технологическое оборудование 1 в целом. Ограждение содержит выполненные из упругого материала, например мягкой резины, виброизолирующие опоры 12 и 13, и установленный на них кожух 6, внутренние стенки которого облицованы звукопоглощающим материалом 7.

В кожухе 6 выполнены вентиляционные каналы 8 и 9 для устранения перегрева оборудования, внутренние стенки 10 которых обработаны звукопоглощающим материалом 11 и акустически прозрачным материалом, например типа «Повиден». Платформа 2 оборудования 1 также установлена на виброизолирующие опоры 3 и 4, которые базируются на перекрытии 5 производственного здания. Каркас кожуха 6 выполнен либо цельным, либо состоящим из шумопоглощающих элементов, вписанных в его контур. Шумопоглощающие элементы [4, с. 37] состоят из передней с щелевой перфорацией, и задней стенок из нержавеющей стали или оцинкованного листа толщиной 0,7 мм с полимерным защитно-декоративным покрытием типа «Пурал» толщиной 50

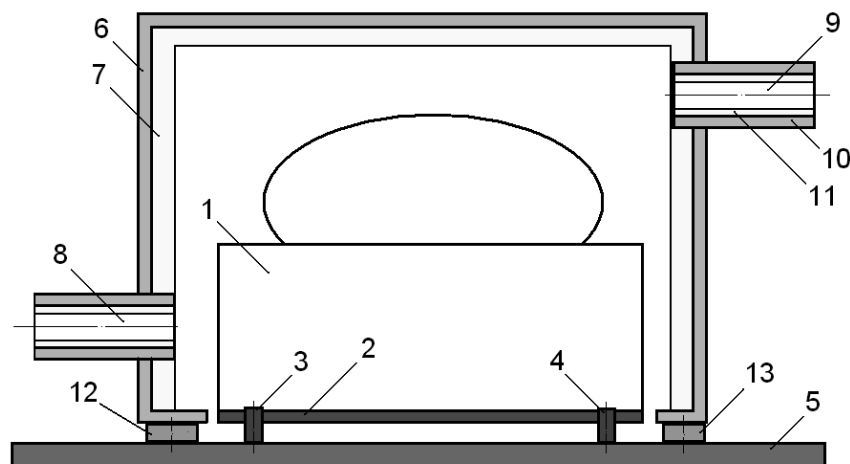


Рис. 1. Схема звукоизолирующего ограждения

мкм или «Полиэстер» толщиной 25 мкм, или алюминиевого листа толщиной 1,0 мм и толщиной покрытия 25 мкм. Передняя и задняя стенки каркаса шумопоглощающих элементов могут быть выполнены из конструкционных материалов, с нанесенным на ее поверхности с одной или двух сторон слоя мягкого вибродемпфирующего материала, например, мастики ВД-17 или материала типа «Герлен-Д», при этом соотношение между толщиной облицовки и вибродемпфирующего покрытия лежит в оптимальном интервале величин – 1: (2,5...3,5). В качестве звукопоглощающего материала 5 используются плиты из минеральной ваты на базальтовой основе типа «Rockwool», или минеральной ваты типа «URSA», или базальтовой ваты типа П-75, или стекловаты с облицовкой стекловолоком, или вспененного полимера, например полиэтилена или полипропилена, причем звукопоглощающий элемент по всей своей поверхности облицован акустически прозрачным материалом, например, стеклотканью типа ЭЗ-100 или полимером типа «Повиден».

При работе технологического оборудования 1 вибрация и шум воспринимаются виброизолирующими опорами 3, 4, 12, 13, а звукопоглощающий материал 7 снижает уровень шума, производимого машиной. Переход звуковой энергии в тепловую (диссипация, рассеивание энергии) происходит в порах звукопоглотителя, представляющих собою модель резонаторов «Гельмгольца», где потери энергии происходят за счет трения колеблющейся с частотой возбуждения массы воздуха, находящегося в горловине резонатора о стенки самой горловины, имеющей вид разветвленной сети пор звукопоглотителя.

Примером звукоизоляции в источнике возникновения шума машины может служить звукоизолирующее ограждение, предназначенное для установки его на аэродинамические устройства прядильных машин [2, с. 51], которые позволяют получать пневмотекстурированные нити линейной плотностью 125...666 Текс с компактностью 25 – 30 «сцепок» на 1 метр нити при рабочем давлении 0,65 МПа. Остановимся на расчете устройств такого типа. На рис. 2 представлена расчетная схема аэродинамического устройства. Звукоизолирующее ограждение 1 (кожух) выполнено негерметичным и имеет технологические отверстия «а» (0,08×0,045 м) для выброса технологического воздуха и «б» (0,003×0,015) – для прохода нити. Форсунка 3, с подводящим сжатым воздухом патрубком 4, помещается в кожухе 1 с откидной крышкой и крепится на пластине 12 с повышенными вибродемпфирующими

свойствами. Герметичность заправочной щели под нить обеспечивается пружиной 7 и клиновидным эластичным замком 8. Кожух изнутри покрывается слоем мастики ВД-17-58 для уменьшения виброакустической энергии излучения кожуха в диапазоне частот 500...2000 Гц.

Поверх мастики наносится ворсовое покрытие 2, которое снижает уровень звукового давления в диапазоне частот 2 ...8 кГц. По обе стороны от форсунки устанавливаются дополнительные звукопоглотители 5 и 11 из поролона, крепящиеся цилиндрическими гладкими штифтами 6 и 10, которые снижают высокочастотные составляющие спектра уровней звукового давления. К кожуху 1 прикреплены нижние пластины 13 и 14, покрытые звукопоглощающим материалом и образующие с пластиной 12 аэродинамический глушитель шума экранного типа с небольшим аэродинамическим сопротивлением. Звуковые волны, исходящие через щелевые глазки 9, экранируются специальными пластинами.

При истечении сжатого воздуха из сопел устройства в нитепроводящий канал реализуется скорость звука, что возбуждает высокочастотный шум большой интенсивности, при этом шум может быть снижен

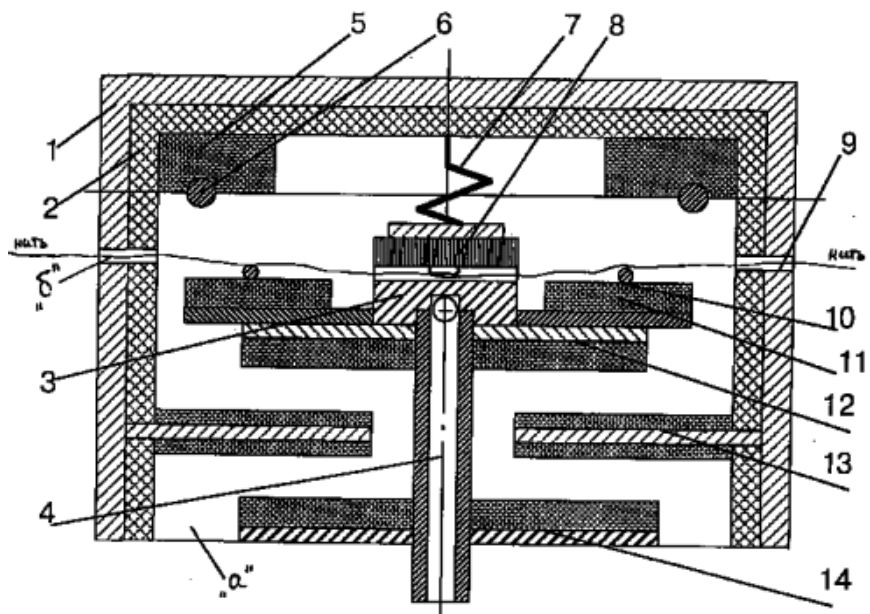


Рис. 2. Расчетная схема аэродинамического устройства.

увеличением площади выходного отверстия. Однако в рассматриваемой конструкции это не представляется возможным, т.к. в случае расширения нитепроводящего канала резко падает эффективность работы устройства, которая проявляется в появлении на нити некомпактных участков. Более рациональным представляется снижение шума аэродинамического устройства методом звукоизоляции.

Известные конструкции звукоизолирующих кожухов с обработкой звукопоглощающим материалом типа «Поролон» имеют сравнительно невысокие эксплуатационные качества за счет чрезмерного загрязнения, засаливания пор звукопоглощающего материала из-за отсутствия свободного выхода отработанного воздуха.

Авторами разработана программа расчета уровней звукового давления негерметичных ограждений на ПЭВМ в среде «Excel».

Расчет проводится по следующей зависимости

$$R_{\text{эи.о.д}} \leq R_{\text{си}} - 10 \lg \left( \frac{\sqrt{1-\alpha} + \frac{\sum \tau_i S_{0i}}{\sum S_i} \cdot 10^{0,1R_{\text{си}}}}{\alpha + \frac{\sum \tau_i S_{0i}}{\sum S_i} + (\sqrt{1-\alpha}) \cdot 10^{-0,1R_{\text{си}}}} \right) \quad (1)$$

где  $R_{\text{кож.тр}}$  – требуемая звукоизоляция кожуха, дБ, определяемая по формуле

$$R_{\text{кож.тр}} = L_i - L_{\text{доп}} + 5, \quad (2)$$

$L_i$  – октавный уровень звукового давления в расчетной точке от одиночно работающей изолируемой машины, дБ;  $L_{\text{доп}}$  – допустимый по нормам уровень звукового давления в расчетной точке, дБ;  $R_{\text{си}}$  – средняя звукоизоляция сплошной части ограждений  $i$ -го кожуха, дБ;  $\alpha$  – реверберационный коэффициент звукопоглощения внутри  $i$ -го кожуха;  $\tau_i$  – энергетический коэффициент прохождения звука через глушитель технологического отверстия (для простого отверстия  $\tau_i=1$ , причем простым отверстием считается отверстие без глушителя шума, как в нашем случае);  $\sum S_{0i}$  – суммарная площадь технологических отверстий для  $i$ -го кожуха машины,  $\text{м}^2$ ;  $\sum S_i$  – суммарная площадь сплошной части ограждения,  $\text{м}^2$ , определяемая по формуле

$$\sum S_i = 2(l_i b_i + b_i h_i + l_i h_i) - \sum S_{oi}, \quad (3)$$

где  $l_i, b_i, h_i$  – соответственно длина, ширина и высота  $i$ -ого кожуха, м.

Величина реверберационного коэффициента звукопоглощения внутри ограждения определяется по формуле

$$\alpha = \frac{\alpha_o (\sum S_i - \sum S_{oi}) + \alpha_i \sum S_{oi}}{\sum S_i}; \quad (4)$$

где  $\alpha_o$  – реверберационный коэффициент звукопоглощения для ограждений без звукопоглощающего материала;  $\alpha_i$  – реверберационный коэффициент звукопоглощения звукопоглощающего материала;  $\sum S_{oi}$  – площадь нанесения звукопоглощающего материала, м<sup>2</sup>.

Октавные уровни звукового давления в зоне *прямого звука*  $L_{2-j(\text{ПР})}$ , дБ, при наличии в цехе штапельного производства ОАО «Киевское производственное объединение «Химволокно» звукопоглощающих конструкций определялись с учетом максимально возможного звукопоглощения следующим образом

$$L_{2-j \text{ Д}} = L_{P_o} + 10 \lg \left( \sum_{i=1}^m \frac{\chi_i \hat{O}_i}{S_i} + \frac{4 \Psi_{1-j} n}{B_{1-j}} \right), \quad (5)$$

где  $L_{P_o}$  – это звуковая мощность источника шума, дБ, (принимается по паспортным данным на технологическое оборудование),  $S_i$  – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей  $i$ -й источник шума и проходящей через расчетную точку;  $m$  – количество источников шума, ближайших к расчетной точке;  $n$  – общее количество источников шума в помещении с учетом среднего коэффициента одновременности работы оборудования;  $\chi_i$  – коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля;  $\Phi_i$  – фактор направленности  $i$ -го источника шума, безразмерный, определяемый по технической документации на источник шума (для ИШ с равномерным полем звука следует принимать  $\Phi_i = 1,0$ );  $\Psi_{1-j}$  – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, прини-

маемый по графику в зависимости от отношения  $B_{1-j}/S_{\text{огр}}$ ;  $B_{1-j}$  – постоянная помещения после его акустической обработки, м<sup>2</sup>;

$S_{\text{огр}}$  – площадь ограждающих поверхностей помещения, м<sup>2</sup>.

Таким образом, методика расчета звукоизолирующего кожуха для устройств пневмопереплетения комплексных нитей как негерметичного ограждения с технологическими отверстиями подтверждена результатами экспериментальных исследований. Разработанная конструкция звукоизолирующего кожуха с покрытием вибродемпфирующей мастики ВД-17-58 позволила снизить уровень звукового давления в спектре на 14...15 дБ, (уровень звука на 5...6 дБА). Звукопоглощающий слой из синтетического коврового покрытия уменьшает шум дополнительно на 8...10 дБ, а введение в зону работы форсунки дополнительных звукопоглотителей из пенополиуретана позволило довести уровень излучаемого шума до санитарных норм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кочетов О.С., Сажин Б.С. Снижение шума и вибраций в производстве: теория, расчет, технические решения. – М., 2001.
2. Авторское свидетельство СССР № 1326657. Устройство для пневмопереплетения комплексных нитей / Волхонский А.А., Лев С.Г., Кочетов О.С. и др. Бюллетень изобретений № 28 от 30.07.1987 г.
3. Кочетов О.С. Звукоизолирующее ограждение / Патент РФ № 2295089. Бюллетень изобретений № 7 от 10.03.2007 г.
4. Кочетов О.С. Панель шумопоглощающая / Патент РФ № 2324793. Бюллетень изобретений №14 от 20.05.2008 г.
5. Кочетов О.С. Панель шумоотражающая светопрозрачная / Патент РФ № 2324794. Бюллетень изобретений №14 от 20.05.2008 г.

УДК 621.372.81.09

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗОВОЙ ОШИБКИ, ВНОСИМОЙ ВОЛНОВОДНЫМ ТРАКТОМ

**В.В. Стеценко,**  
 Таганрогский колледж морского приборостроения  
 E-mail: vstts21@mail.ru

**Аннотация.** В статье аналитически решена задача нахождения среднеквадратического отклонения набега фазы при использовании прямоугольного волновода.

**Ключевые слова:** фазовая ошибка, прямоугольный волновод, фазированная антенная решетка.

**Abstract.** The problem of finding the phase error when a rectangular waveguide is used as a tract was solved in this article with the help of an analytical method.

**Keywords:** phase error, rectangular waveguide, phased array.

Представляет интерес оценка влияния волноводных трактов на диаграмму направленности (ДН) для фазированной антенной решетки (ФАР). В большинстве случаев известна допустимая расфазировка (случайный сдвиг фазы) в тракте, которая не вызывает заметного отличия ДН от необходимой.

Считая, что тракты во всех каналах ФАР состоят из идентичных элементов, рассмотрим влияние разброса размеров широких стенок волноводов на величину фазовых ошибок в тракте заданной длины.

Очевидно, что фаза волны после прохождения отрезка тракта длиной  $\Delta l$  изменится на величину, определяемую по формуле

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta l}{\lambda\hat{a} + \Delta\lambda} \quad (1)$$

где  $\lambda\hat{a}$  – длина волны в тракте,  $\Delta\lambda$  – случайная величина отклонения длины волны на отрезке  $\Delta l$  от значения  $\lambda\hat{a}$ .

Величину  $\Delta\lambda$  определяем по следующей формуле, справедливой при малых значениях  $\Delta a$ :

$$\Delta\lambda = \frac{-\lambda\sigma^3\Delta a(l)}{4a^3\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\lambda\sigma}{2a}\right)^2\right)^3}} \quad (2)$$

где  $\Delta a(l)$  – случайная величина отклонения размера широкой стенки прямоугольного волновода от своего матожидания в сечении  $l$ .

Вышеприведенная формула получена из известного соотношения для длины волны в волноводе [1, с. 157]

$$\lambda_a = \frac{\lambda\sigma}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda\sigma}{2a}\right)^2}} \quad (3)$$

После перехода к бесконечно малым интервалам  $dl$  выражение (1) для фазы волны на выходе волновода длиной  $l$  запишется в следующем виде

$$\varphi = 2\pi \int_0^l \frac{dl}{\lambda\sigma - \frac{\lambda\sigma^3\Delta a(l)}{4a^3\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\lambda\sigma}{2a}\right)^2\right)^3}}} \quad (4)$$

Считаем, что случайная функция  $\Delta a(l)$  стационарна в широком смысле, причем случайная величина  $\Delta a$  в каждом сечении  $l$  распределена по нормальному закону с нулевым матожиданием и среднеквадратическим отклонением  $\sigma_{\Delta a}(l)$ . Считаем, что автокорреляционная функция  $R_{\Delta a}(l)$  случайной функции  $\Delta a(l)$  имеет следующий вид

$$R_{\Delta a}(l) = D e^{-\alpha|l|} \quad (5)$$

где  $D = \sigma_{\Delta a}^2$  – дисперсия величины  $\Delta a$ ,

$\alpha$  – параметр, определяемый экспериментально.

Используя выражение (4), можно найти дисперсию фазового набега в тракте  $D_\varphi(l)$  в сечении  $l$ . Поставленную задачу будем решать в несколько этапов. На первом этапе разложим подынтегральное выражение (4) в ряд Маклорена, затем прямым методом найдем корреляционную функцию для нелинейного преобразования, выражаемого усеченным рядом. На следующем этапе найдем корреляционную функцию для фазы  $\varphi$ , и как частный случай выражение для дисперсии  $D_\varphi(l)$ .

Представим подынтегральную функцию в (4) в следующем виде

$$f(\Delta a) = \frac{1}{\lambda\hat{a} + k\Delta a} \quad (6)$$

$$\text{где } k = -\frac{\lambda\sigma^3}{4a^3(1 - (\frac{\lambda\sigma}{2a})^2)^{3/2}}. \quad (7)$$

Учитывая, что в окрестности точки 0 функция  $f(\Delta a)$  непрерывна, как и ее производные, разложим ее в ряд Маклорена. Полученное выражение, включающее первые три члена ряда, имеет следующий вид

$$f(\Delta a) = \frac{1}{\lambda a} - \frac{k}{\lambda a^2} \Delta a + \frac{2k^2}{\lambda a^3} \Delta a^2. \quad (8)$$

Пусть на вход нелинейного элемента, имеющего передаточную характеристику вида (8), действует стационарный нормальный случайный процесс  $\Delta a(l)$  с нулевым средним значением. Двумерная функция распределения этого процесса имеет вид [2, с. 36]

$$\omega_2(\Delta a_1, \Delta a_2, \Delta l) = \frac{1}{2\pi\sigma^2\sqrt{1-R^2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2(1-R^2)}(\Delta a_1^2 - 2R\Delta a_1\Delta a_2 + \Delta a_2^2)\right) \quad (9)$$

Известно выражение для корреляционной функции на выходе нелинейного элемента

$$B_f(l) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(\Delta a_1) f(\Delta a_2) \omega_2(\Delta a_1, \Delta a_2, \Delta l) d_1 d_2 - \{M[f(\Delta a)]\}^2 \quad (10)$$

где  $M[f(\Delta a)] = \frac{1}{\lambda a}$  – математическое ожидание функции  $f$ .

Для вычисления двойного интеграла (10) используем метод, основанный на разложении двумерной плотности вероятности входного процесса в ряд. Используем для этого одномерную функцию нормального распределения

$$\omega_1(\Delta a_1) = \frac{1}{2\pi} e^{-\frac{\Delta a_1^2}{2}}. \quad (11)$$

Если функцию (11) принять в качестве весовой, то совокупностью ортогональных полиномов, соответствующих этой одномерной функции, будут являться полиномы Эрмита  $H_n(\Delta a_1)$ . Тогда разложение для двумерной нормальной функции распределения имеет следующий вид [2, с. 228].

$$\omega_2(\Delta a_1, \Delta a_2, \Delta l) = \frac{1}{2\pi\sigma^2\sqrt{1-R^2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2(1-R^2)}(\Delta a_1^2 - 2R\Delta a_1\Delta a_2 + \Delta a_2^2)\right) = \frac{1}{2\pi} e^{-\frac{(\Delta a_1)^2 + (\Delta a_2)^2}{2}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{R^n(l)}{n!} H_n(\Delta a_1) H_n(\Delta a_2). \quad (12)$$

Преобразованное выражение для корреляционной функции будет иметь следующий вид

$$B_f = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(\sigma\Delta a_1) f(\sigma\Delta a_2) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{R^n}{n!} H_n(\Delta a_1) H_n(\Delta a_2) e^{-\frac{\Delta a_1^2 + \Delta a_2^2}{2}} d\Delta a_1 d\Delta a_2 - \frac{1}{\lambda a^2}. \quad (13)$$

Меняя порядок суммирования и интегрирования, и заметив, что при этом разделяются переменные интегрирования, находим

$$B_f = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{R^n}{n!} \left( \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(\sigma\Delta a_1) H_n(\Delta a_1) e^{-\frac{\Delta a_1^2}{2}} d\Delta a_1 \right) \left( \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(\sigma\Delta a_2) H_n(\Delta a_2) e^{-\frac{\Delta a_2^2}{2}} d\Delta a_2 \right) - \frac{1}{\lambda a^2}. \quad (14)$$

Введем обозначение

$$\tilde{n}_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(\sigma\Delta a) H_n(\Delta a) e^{-\frac{\Delta a^2}{2}} d(\Delta a). \quad (15)$$

Для нашего случая воздействия стационарного нормального процесса на вход нелинейного элемента, выражение для корреляционной функции случайного процесса  $f\Delta a$ , с учетом (15), имеет следующий вид

$$B_f(\Delta l) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n^2 \frac{R^n(\Delta l)}{n!} - \frac{1}{\lambda a^2}. \quad (16)$$

Для нахождения коэффициентов  $c_n$  подставляем (8) в (15). Интеграл (15) можно вычислить [2, с. 235], если представить подынтегральное выражение как производную по параметру. В результате находим значения следующих коэффициентов разложения в ряд (16)

$$\tilde{n}_0 = a_0 + a_2\sigma^2, \quad c_1 = a_1\sigma, \quad c_2 = 2a_2\sigma^2, \quad c_n = 0 \text{ при } n \geq 3 \quad (17)$$

$$\text{где } a_0 = \frac{1}{\lambda a}, \quad a_1 = -\frac{k}{\lambda a^2}, \quad a_2 = \frac{2k^2}{\lambda a^3} \quad (18)$$

Переходим к следующему этапу – вычислению корреляционной функции  $R_\varphi$  случайного процесса  $\varphi(l)$ , получаемого линейным преобразованием случайного процесса  $f\Delta a$ . Учитывая конкретный вид линейного преобразования, задаваемого формулой (4), а также выражения (5), (16), для корреляционной функции  $R_\varphi$  можно записать следующее соотношение

$$R_\varphi(l_1, l_2) = 4\pi^2 \int_0^{l_1} \int_0^{l_2} \left\{ \left( \frac{1}{\lambda a} + \frac{2k^2}{\lambda a^3} \sigma^2 \right)^2 + \frac{k^2 \sigma^2}{\lambda a^2} D_{\Delta a} e^{-a|u_1 - u_2|} + \frac{16k^4 \sigma^4}{\lambda a^6} D_{\Delta a}^2 e^{-2a|u_1 - u_2|} - \frac{1}{\lambda a^2} \right\} du_1 du_2 \quad (19)$$

Интеграл (19) легко вычисляется, не будем приводить это достаточно длинное выражение, подставляя в которое  $l_1 = l_2 = l$ , находим дисперсию и среднеквадратическое отклонение набега фазы  $\sigma_\varphi$ . Выражение для  $\sigma_\varphi$  приведено ниже



$$\sigma_{\varphi} = 2\pi \left\{ \left( \frac{2k^2 \sigma^2}{\lambda_e^3} \right)^2 l^2 + \frac{2k^2 \sigma^4}{\lambda_e^4 \alpha^2} (\alpha l - 1 + e^{-\alpha l}) + \frac{8k^4 \sigma^8}{\lambda_e^6 \alpha^2} (2\alpha l - 1 + e^{-2\alpha l}) \right\}^{1/2} \quad (20)$$

В этой формуле под  $\sigma$  принимаем значение среднеквадратического отклонения  $\Delta a$  ширины широкой стенки волновода.

Проведем оценочный расчет среднеквадратического отклонения набега фазы в сечении  $l$  волноводного тракта. Будем учитывать только первый член в выражении (21), тогда с учетом (7), формула приводится к следующему простому виду

$$\sigma_{\varphi} = \frac{45 \lambda_e^3 \sigma_{\Delta a}^2}{a^6} l \quad (21)$$

В этой формуле величина отклонения определяется в градусах. Сразу же можно сделать качественные выводы о линейном увеличении отклонения фазы (фазовой ошибки) с увеличением длины тракта. Также виден резкий рост фазовой ошибки при возбуждении волновода на пониженных частотах. На рис. 1 приведены результаты расчета фазовой ошибки по формуле (21) для стандартного прямоугольного волновода сечением 16x8 мм для различных частот возбуждения и различной технологической точности изготовления. В рекомендуемой полосе частот для этого волновода (примерно от 12 до 18 ГГц) волновод дает среднеквадратическое отклонение фазы не более 1,7 град/м при отклонении размера широкой стенки 0,1 мм.

Такая фазовая ошибка обычно вполне допустима при длине тракта не более 5 м для питания антенны. Увеличение отклонения широкой стенки волновода всего в 3 раза, которое может быть связано с дефектами при монтаже тракта, приведет

к совершенно недопустимому увеличению фазовой ошибки, что хорошо видно на верхней кривой рис. 1.

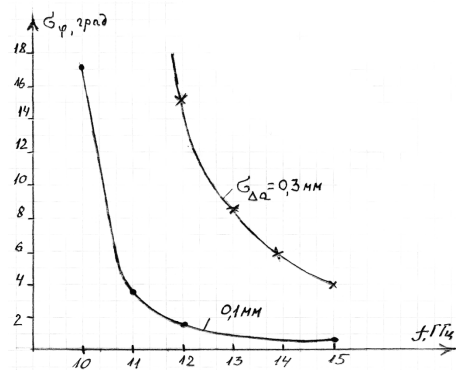


Рис. 1

### ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов А. А. Теория электромагнитных волн. – М., 1962.
2. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М., 1989.

# БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 630.453.7

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСА МИНИРУЮЩИХ НАСЕКОМЫХ В НАСАЖДЕНИЯХ МОСКВЫ

Д.А. Белов,  
канд. биол. наук,  
Московский государственный университет леса  
E-mail: belovy-da-i-nk@narod.ru

**Аннотация.** В статье приведены особенности биологии представителей комплекса минирующих насекомых, которые делают их высоко приспособленными для развития на урбанизированных территориях и потенциально опасными для растений-хозяев.

**Ключевые слова:** городские насаждения, растения-хозяева, минирующие насекомые, трофическая специализация, жизненный цикл.

**Abstract.** The article presents the biology of members of the complex leaf-mining insects, which are dividing them highly suited for the development of urbanization in the territories, and potentially dangerous to the host plant.

**Keywords:** urban plantings, host plants, leaf-mining insects, trophic specialization, life-cycle.

Наиболее успешно в городских насаждениях действуют представители скрыто живущих филлофагов. Одной из таких групп являются минирующие насекомые, или минеры.

Минеры – насекомые, живущие внутри хлорофиллоносных частей или органов растений и проделывающие в них ходы, или «мины».

В целом комплекс минирующих насекомых в насаждениях Москвы значителен и разнороден, он представлен 121 видом, из которых только один – *Coleophora sibiricella* Falkovitsh, развивается на хвойных растениях (*Larix* spp.)

Наибольшее количество – 76% от общего количества видов в комплексе является чешуекрылыми насекомыми. Это представители семейств Bucculatricidae, Coleophoridae, Eriocraniidae, Gelechiidae, Gracilariidae, Heliozelidae, Incurvariidae, Lyonetiidae, Phyllocnistidae, Stigmellidae, Tischeriidae. Ряд семейств состоит исключительно из минирующих видов.

Оставшуюся часть комплекса составляют виды перепончатокрылых насекомых – настоящие пилильщики (сем. Tenthredinidae – 8,3% от общего количества видов в комплексе), а также жесткокрылых (сем. Vuprestidae, Chrysomelidae и Curculionidae – 6,6%) и отряда двукрылые (сем. Agromyzidae – 9,1% от общего количества видов в комплексе).

Среди видов минеров, встречающихся в городских насаждениях Москвы, 39,7% являются обычными, 27,3% – редкими, 21,5% встречаются единично, и только 11,5% видов минеров способны давать вспышки массового размножения или иметь перманентно высокую численность в городских насаждениях.

Различают облигатных («постоянных») и факультативных минеров. К первой группе относят насекомых, полное личиночное развитие которых проходит внутри хлорофиллоносных тканей растения. Их личинки не меняют лист, в котором развиваются. Ко второй группе относятся насекомые, развивающиеся в минах лишь на протяжении нескольких, но не всех личиночных возрастов. Во всех случаях первые личиночные возраста минеры обязательно проходят внутри растительных тканей.

В свою очередь факультативные минеры могут быть разделены на две подгруппы.

Во-первых, это «открыто живущие минеры», занимающие промежуточное положение между облигатными и истинными факультативными минерами. К ним относятся представители семейств Coleophoridae и Incurvariidae. Личинки этих насекомых в младших возрастах минируют листья или хвою. Позднее личинки по достижении определенного возраста формируют из поврежденного эпидермиса листьев чехлик, который наращивается по мере роста и развития личинки и в дальнейшем живут на поверхности пищевого субстрата – листьев, хвои, ветвей. Мины на листьях после питания таких минеров всегда остаются с аккумулятивным круглым отверстием.

Во-вторых, это «истинные факультативные минеры». Личинки этих насекомых в младших возрастах создают настоящие мины, а затем их покидают и живут в свернутых в трубки листьях, аналогично бабочкам-листоверткам как представители сем. Gracilariidae – *Gracilaria syringella* F., за что эту группу также называют минолистовертками.

Постоянными минерами в условиях насаждений Москвы являются 101 вид насекомых (83,5%). Факультативными минерами – являются только представители чешуекрылых насекомых: 12 видов из сем. Coleophoridae и 1 – сем. Incurvariidae (открыто живущие минеры), 5 ви-

дов из сем. Gracilariidae и по 1 виду из сем. Bucculatricidae и Gelechiidae (истинные факультативные минеры).

38% видов насекомых производят мины, являющиеся лентовидными, при этом минерами производятся такие подтипы как лентовидная спиральная (у 6 видов), лентовидная вторичнопятновидная (1 вид) и лентовидная разветвленная (1 вид). Из них 84,4% видов производят верхнесторонние мины. 6,7% видов производят нижнесторонние мины. И, наконец, 8,9% видов производят двусторонние лентовидные мины.

Следует указать, что *Coleophora sibiricella* Falkovitsh производит условно лентовидную мину (в хвое лиственницы).

48,8% видов насекомых производят пятновидные мины. 23,7% видов, дающих пятновидные мины, производят мины складчатые пятновидные, по 8,4% видов производят мины мешковидные и пузыревидные пятновидные, 20,3% видов производят пятновидные мины с отверстиями.

Из них 40,7% являются верхнесторонними, 33,9% – нижнесторонними. При этом четыре вида молей-пестрянок (*Phyllonorycter acerifoliella* Zeller, *Ph. agilella* Zeller, *Ph. issikii* Kumata и *Ph. populifoliella* Tr.) при высокой численности могут давать и верхнесторонние мины. 25,4% видов производят двусторонние пятновидные мины.

13,2% видов насекомых производят змеепятновидные мины, из которых 87,5% – верхнесторонние.

Четкое предпочтение только нижней или только верхней стороны листовой пластины для развития личинки, может быть объяснено не только предпочтением питания определенными тканями листа, но и попыткой снижения межвидовой конкуренции за пищу, т.к. при разных пищевых предпочтениях на одном листе могут питаться минимум два разных вида насекомых-минеров.

В насаждениях Москвы подавляющая часть минирующих насекомых повреждает только листовую пластинку – 96,7% от общего количества видов в комплексе. Всего у трех видов мина располагается и в черешке, и в листовой пластинке.

Являясь эндобионтами и эндофагами растительных тканей, минеры имеют узкую трофическую специализацию.

По характеру питания среди минеров в насаждениях Москвы преобладают узкие (56,2% от общего количества видов в комплексе) и широкие (25,6%) олигофаги, повреждающие близкородственные виды древесных растений в пределах одного либо нескольких родов.

Полифагия среди минеров характерна для представителей сем. Coleophoridae, Incurvariidae и Lyonetiidae. В насаждениях Москвы полифагами являются 14 видов минирующих насекомых (11,8%): *Trachys minuta* Linnaeus (Coleoptera), *Coleophora ahenella* Heinemann, *C. anitipennella* Hübner, *C. fuscadinella* Linnaeus, *C. limosipennella* Duponchel, *C. lutipennella* Zeller, *C. paripennella* Zeller, *Coptotriche angusticollata* Duponchel, *Incurvaria pectinea* Haworth, *Leucoptera malifoliella* Costa, *Lyonetia clerkella* Linnaeus, *Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera), *Fenusella hortulana* Klug (Hymenoptera), *Agromyza idaeina* Hardy (Diptera).

Меньше всего в насаждениях Москвы среди минирующих насекомых монофагов – 6,5% от общего количества видов в комплексе.

У большинства видов минеров в мине развивается только одна личинка. При слиянии мин личинка младшего возраста, как правило, погибает, что связано с особенностями морфологии, в частности строения ног. Однако в насаждениях Москвы встречаются виды, у которых личинки живут группами до 50 личинок в одной мине.

Вне мины окукливание производят 66,1% видов минеров, входящих в комплекс минирующих насекомых г. Москвы, в мине – 29,8%. Личинки 4,1% видов в зависимости от условий развития могут окукливаться и вне, и внутри мины.

Важным моментом в жизненном цикле насекомого является зимовка. 60,3% представителей комплекса минирующих насекомых в насаждениях Москвы зимуют на фазе куколки, 18,2% – на фазе личинки (с дальнейшим продолжением питания или непосредственным окукливанием сразу после удачной зимовки) и 21,5% – зимуют на фазе имаго.

Известно, что природно-климатические особенности определяют количество поколений молей-минеров, скорость развития и их жизненные циклы. В насаждениях Москвы выделяются две основных группы видов: бивольтинные (55,4% от общего количества видов в комплексе), среди которых три вида имеют третью неполную генерацию и унивольтинные (43%), среди которых один вид может давать вторую неполную генерацию и еще один, в зависимости от условий, может за вегетацию развиваться в одном или двух поколениях.

Только два вида: *Trachys minuta* Linnaeus и *Stigmella aeneella* Heinemann являются истинными поливольтинными видами.

Распределение видов минирующих насекомых по городским насаждениям (табл. 1) имеет особенности, отличающие эту экологическую группу насекомых от всего комплекса членистоногих фитофагов.

Таблица 1

Распределение видов минирующих насекомых по городским насаждениям Москвы и индекс общности Жаккарда

Тип насаждения	1	2	3	4	5
1	75 / 9	66 (22)	43	42	29
2	2,163265	106 / 5	43	74 (5)	39
3	1,744186	0,721154	75 / –	31	43 (1)
4	1,387755	0,794118	1,227273	81 / 3	42
5	0,733333	0,427184	0,594595	0,556962	44 / 1

Обозначения в таблице следующие. Типы насаждений: 1 – лесопарки, лесные дачи, территории ботанических садов с элементами лесных насаждений, 2 – парки, дендрарии, озелененные территории спортивных, оздоровительных и культурно-исторических комплексов, 3 – внутриворонные насаждения и озелененные территории специального назначения, 4 – бульвары, скверы, озелененные пешеходные зоны и другие сложные уличные посадки, 5 – простые уличные посадки. По диагонали указано количество выявленных видов в сообществе, через дробь приведено количество видов, встречающихся только в данном сообществе. Над диагональю – количество общих для данных типов насаждений видов насекомых-минеров, в скобках – количество видов, характерных только для данной пары сообществ и не встречается в насаждениях иного (третьего) типа, ниже диагонали – индекс общности Жаккарда для комплексов минеров в данных парах насаждений.

Как указано в таблице, в каждом экологическом типе городских насаждений Москвы (кроме третьего) выявлены виды минирующих насекомых, характерные только для данного типа насаждений.

При этом нельзя утверждать, что отсутствие этих видов в других типах насаждений, связано с отсутствием в них растения-хозяина: ни один из указанных видов не является монофагом, это разного рода олигофаги и несколько видов полифагов (представители р. *Coleophora*). Следовательно, именно экологические особенности насаждений привели перечисленные виды к относительной вынужденной изоляции в городских условиях.

Также данные, представленные в таблице, позволяют утверждать, что значения индексов общности Жаккарда представляют ряды, отражающие снижение количества общих для сообществ видов растительноядных членистоногих. Особенности, изменяющими обычную

структуру рядов, является доминирование (по количеству входящих видов) комплекса минеров, сложившегося во втором экологическом типе городских насаждений и не столь резкое обеднение комплексов, кроме последнего типа насаждений, находящихся на территориях, подвергшихся процессам урбанизации в наибольшей степени.

Таким образом, минеры встречаются не только там, где условия среды наиболее близки к естественным, они встречаются во всех типах городских насаждений, в том числе и уличных. Там, где имеется наибольшее разнообразие видов древесных растений, выражены многоярусность пологая, разнообразие микроклиматических условий и в наименьшей степени загрязнена окружающая среда, комплекс минеров представлен наиболее полно.

Практически все описанные особенности биологии представителей комплекса минирующих насекомых деляют их высоко приспособленными для развития на урбанизированных территориях и потенциально опасными для их растений-хозяев.

УДК 551.46.072:51, 574.5.001.57:51

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ШЕЛЬФОВЫХ ЭКОСИСТЕМ

*Н.В. Соловьева,*  
*д-р физ.-мат. наук,*  
*Московский финансово-юридический университет МФЮА*  
*E-mail: solocean@rambler.ru*

**Аннотация.** В статье обосновывается необходимость проведения оптимизации финансирования интенсивных разработок месторождений шельфа с учетом междисциплинарности возникающих задач. Использование предложенных методик позволит удовлетворить вынужденным условиям снижения затрат на природоохранные мероприятия при сохранении приоритетности экологических требований.

**Ключевые слова:** экологический риск, экологическая безопасность, шельф, математическое моделирование.

**Abstract.** Necessity proves in work to spend optimization of financing of intensive development of shelf deposits in view of arising problems variety. Use of the offered techniques will allow to satisfy to the compelled conditions of decrease in expenses for nature protection actions at preservation of a priority of ecological requirements.

**Keywords:** ecological risk, ecological safety, shelf, mathematical modeling.

Математическое моделирование экологического риска необходимо проводить для экологических систем, подверженных интенсивной антропогенной нагрузке. В этом смысле экологические системы шельфовых акваторий являются областями сосредоточения как эколого-экономических проблем (добыча нефти и газа), так и климатических (присутствие на шельфе северных морей и арктического шельфа газогидратов).

При существующих методиках экономической оценки почти всех важнейших видов природных ресурсов, заметных успехов в повышении эффективности природопользования не наблюдается [1]. Одной из причин является отсутствие должного учета экологического фактора в показателях экономической оценки природных ресурсов и оценке последствий хозяйственной деятельности человека. Важнейшим в этом

смысле является первичность определения величины допустимого риска экологической системы, а не наоборот – допустимой интенсивности антропогенного воздействия.

Существующие механизмы финансового регулирования природоохранной деятельности, включая платежи за загрязнения, земельный налог, плату за воду, штрафы и компенсации, экологическое страхование и т.д., только поверхностно касаются экологического аспекта воздействия хозяйственной деятельности человека на окружающую среду. Причем именно на «среду», не выделяя в ней сложные природные экологические системы, не акцентируя внимания на многомерности пространства параметров и связей между компонентами единой сложной системы, включающей антропогенную деятельность человека. Это не значит, что в решении эколого-экономических задач нужно настолько детализировать изучаемые явления, что целостное представление будет утеряно. Но и ограничивать экологическую часть общей задачи лишь тривиальными выводами о связи между загрязнениями и платежами, регламентациями и ограничениями недостаточно.

Хотя экономические требования на практике вступают в противоречие с экологическими, все же можно сформулировать такой подход, который позволит принимать эффективные эколого-экономические решения природохозяйственных задач. В его основе лежат методы математического моделирования экологического риска с выходом на управление риском [2; 9; 10]. Методика отработывалась на задачах, связанных с экологическим состоянием и риском разработок шельфа [3].

Необходимость разработки методов математического моделирования состояния экологических систем шельфовых районов обусловлена интенсивным освоением месторождений нефти и газа. Вместе с тем шельфовые области являются наиболее продуктивными, и прогноз состояния экологической системы, находящейся в условиях интенсивного антропогенного воздействия, требует комплексного междисциплинарного подхода, включающего как экспериментальные методы и данные натурных наблюдений (контактные и дистанционные), так и методы математического моделирования [2; 3; 6].

Для моделирования шельфовых экосистем может применяться синтез широко известного экосистемного подхода в математическом моделировании [2; 3; 4; 5; 6; 7] и развивающегося экоскринингового [8; 9; 10] открывающий широкие перспективы в решении задач экологической безопасности [7; 10]. Междисциплинарность предложенного

подхода позволяет использовать все достоинства смежных дисциплин и избежать недостатков каждой в отдельности.

Состояние экологической системы оценивается разными группами специалистов по существующим для каждой из них нормативам: санитарно-гигиеническим, рыбохозяйственным, водопользовательским и т.д. В таких нормативах используются самые разнообразные системы индикаторов, от хорошо разработанной системы предельно-допустимых концентраций (ПДК), предельно-допустимых выбросов (ПДВ) и нагрузок (ПДН) до генетических индикаторов, используемых для определения мутагенной степени опасности.

Такое разнообразие в подходах дает возможность количественно оценить воздействие либо конкретного загрязнителя (токсиканта) на определенный вид организмов, либо суммы негативных воздействий на определенную жизненно важную функцию организма. При этом следует отметить несовершенство каждого из подходов в отдельности. Так, нормы ПДК, защищая человека от того или иного воздействия, не рассчитаны на защиту всей экосистемы в целом. Даже если значениями ПДК пытаются нормировать какое-либо антропогенное воздействие на сумму некоторых живых организмов, то, как правило, это можно осуществить только для конкретной среды (атмосферный воздух, питьевая вода, вода рыбохозяйственных водоемов и т.п.). Кроме того, такие нормы не учитывают эффекты накопления вредных веществ в организмах или последствия перехода их из одной среды в другую. Другими словами, выполнение норм по какому-либо одному критерию не означает экологической безопасности всей системы в целом, однако является необходимым ее условием.

Эти соображения легли в основу построения универсальной модели экологической системы морского шельфа, учитывающей связи между процессами различной природы (физической, химической, биологической, геологической), которые отражены системой нелинейных, нестационарных уравнений в частных производных [2; 3]. Традиционный подход, связанный с математическим моделированием последствий антропогенного воздействия на экологическую систему, предполагает расчет концентраций и биомасс (или численностей) основных компонентов экосистемы [4; 5; 6; 12; 13; 14; 15]. В таком расчете в качестве внешних учитываются антропогенные воздействия на экосистему: сбросы загрязнений, строительство гидротехнических сооружений, зарегулирование речного стока, добыча полезных ископаемых на шельфе и т.п.

В отношении факторов, обуславливающих экологическую безопасность, можно выделить внешние и внутренние по отношению к исследуемой системе. Под внешними факторами будем понимать естественные и антропогенные, направленные на обеспечение приемлемой экологической опасности, сокращение пространства экологического риска. Внутренние факторы относятся к свойствам самой системы и связаны с устойчивостью, надежностью, резистентностью. При этом значение величины критического состояния экосистемы не является постоянным, а нелинейно зависит от внешних естественных условий, антропогенных воздействий и самого состояния экосистемы в текущий и предшествующие моменты времени.

Математическая модель экологической системы шельфа [2; 3] позволяет рассчитать годовой ход и поля [12; 14; 14; 16; 17; 18] основных компонентов экосистемы при естественных и антропогенных воздействиях. Полученные результаты [2] позволяют выявить внутригодовые подъемы и спады в значениях биомасс и концентраций основных компонентов экологической системы, подверженной интенсивному антропогенному загрязнению. Такие результаты представляют собой несколько сотен численных экспериментов при вариациях коэффициентов, параметров и внешних воздействиях, учтенных в модели экологической системы [19; 20].

Особое значение имеют прогнозы общего характера, не связанные со временем. При этом удастся получить ответ на вопрос, что вообще может происходить с экологической системой при тех или иных внешних воздействиях, в том числе последствий нефтегазозаботок шельфа [2; 11; 18].

Численные эксперименты, основанные на математической модели экологической системы шельфа, явились входными для экоскрининговых моделей риска. Необходимость появления нового экоскринингового подхода к оценке экологической безопасности обусловлена переориентацией в области экологической безопасности с концепции абсолютной безопасности на концепцию приемлемого риска или на их комбинацию [1]. Принятая практика оценки антропогенного воздействия на окружающую среду предусматривает, как уже говорилось, соблюдение существующих нормативов на сброс, захоронение или складирование отходов. В настоящее время стала очевидной недостаточность существующих норм.

Объем, режимы, условия сбросов загрязняющих веществ могут удовлетворять необходимым требованиям (санитарно-гигиеническим,

рыбохозяйственным, питьевым и т.д.) и вместе с тем не соответствовать уровню экологической безопасности экосистемы в целом.

В этом смысле синтез экосистемного и экоскринингового моделирования отражает попытку приблизиться к оценке экологической безопасности для всей экосистемы в целом. Модель внутригодовой изменчивости риска [12; 13] основана на следующем. В реальных условиях численность особей, составляющих популяцию, закономерно меняется в течение года под воздействием естественных факторов: изменения солнечной радиации, количества питательных веществ и т. д. Причем для оценки риска в нужную сторону (сверху) необходимо учитывать самые неблагоприятные естественные условия.

Расчеты с помощью экосистемной модели агрегированных компонентов [3] отражают естественные всплески и спады биомасс (численностей) популяций. Эти результаты расчетов используются как входные данные для экоскрининговой оценки риска по вероятностным моделям. В результате получаем зависимость допустимой антропогенной нагрузки  $q_d$  от значений экологического риска  $y_a$ , качественный вид которой приведен на рис. 1. Здесь можно выделить три области. Две – соответствующие крайним состояниям максимального и минимального естественного экологического риска и третья – переходная область (гипербола на рис.1).

При минимальном экологическом риске допустимую вероятность антропогенной нагрузки можно увеличить до максимума, а, следовательно, снизить на этом этапе экономические требования к обеспечению экологической безопасности. Напротив, при максимальном уровне экологического риска допустимая вероятность антропогенной нагрузки должна быть сведена к минимуму, что требует увеличения экономических затрат. Таким образом, перераспределение экономических затрат в течение года будет обусловлено соответствующей меняющейся вероятностью экологического риска, что повысит их эффективность и оптимизирует их уровень.

Динамика экономических вложений в обеспечение экологической безопасности может варьироваться не только в течение года в зависимости от годового хода экологического риска, но и в зависимости от степени ценности различных объектов, испытывающих воздействия. Так, один и тот же экологический риск  $y_a$  можно допустить с разной степенью вероятности, а, следовательно, и варьировать финансовые вложения.

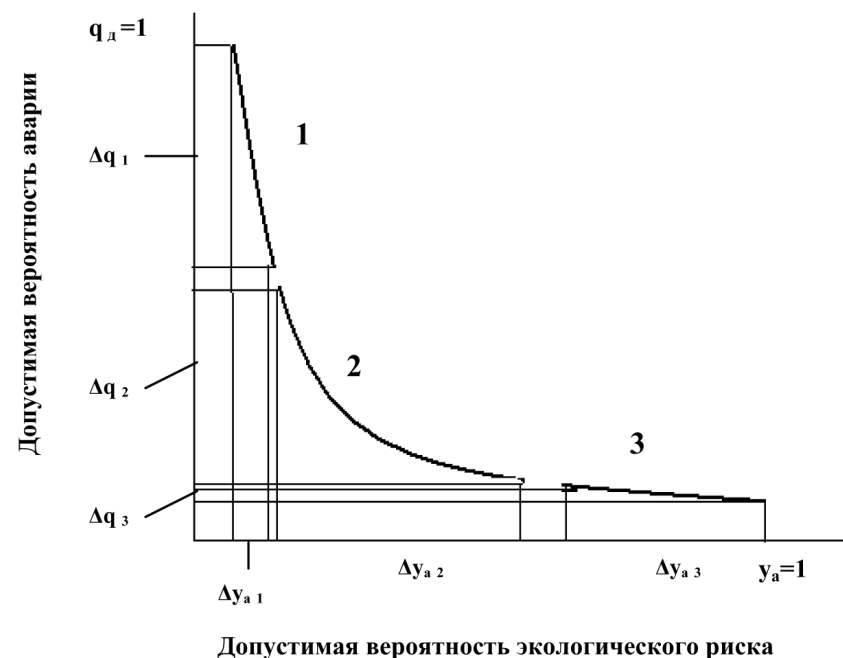


Рис. 1. Зависимость допустимой антропогенной нагрузки от экономического риска

Существующие экоскрининговые оценки риска обладают необходимой комплексностью и могут быть сделаны на уже имеющихся данных, в качестве которых могут использоваться данные наблюдений или результаты численных экспериментов (например, по экосистемной модели). Они основаны на грубых, но не улучшаемых оценках экологического риска, как вероятности гибели популяции [9]. Совместное применение модели экологической системы и экоскрининговых моделей дает возможность оценить внутригодовую изменчивость риска, а, следовательно, выявить наиболее опасные сезоны для популяций, подверженных антропогенному воздействию [7].

В экономическом аспекте решаемой задачи возможно согласовать финансовые вложения в соответствии с понижением или повышением требований к допустимой вероятности антропогенной нагрузки  $q_d$ . Именно к этому и сводится смысл управления риском. Значением последнего параметра возможно управлять с помощью экономических

мероприятий, объем которых будет определяться повышенными или пониженными требованиями к допустимой антропогенной нагрузке.

Предложенный подход в разном объеме был реализован для морских экологических систем северо-западного шельфа Черного моря [2; 3; 4; 5; 6], Черного моря в целом [7], Гданьского залива Балтийского моря, шельфа о. Сахалин, Северного Каспия [14; 15; 16; 18; 19; 20] и частично для акватории залива Мамала (Гавайские о-ва) [13; 17], а также для районов суши, подверженных интенсивному антропогенному загрязнению (нефтегазодобывающие районы Сибири).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа «Экологическая безопасность России». Результаты реализации. – М., 1996.
2. Беляев В.И. Моделирование морских систем. – Киев, 1987.
3. Беляев В.И. Кондуфорова Н.В. Математическое моделирование экологических систем шельфа. – Киев, 1990.
4. Belyaev V.I., Konduforova N.V. Modelling of the shelf ecosystem. – Ecological Modelling, 60 (1992).
5. Belyaev V.I., Konduforova N.V., Mikhajlov E.A. Investigation of the Shelf Ecological System on the Basis of Modelling and Field Work. – Internationale Revue, 77, 1992, 1.
6. Belyaev V.I. Modelling of the Black Sea Ecological Systems. Sevastopol: «ECOSI-Hydrophysika». 1998.
7. Solovjova N.V. Synthesis of ecosystemic and ecoscreening modelling in solving problems of ecological safety // Ecol. Modelling. 1999. V. 124.
8. Флейшман Б.С. Основы системологии. – М., 1982.
9. Флейшман Б.С. Критерии экологической безопасности в условиях неопределенности (экоскрининговый подход) // В сб. «Экоскрининг. Разработка основ стандартов экологической безопасности». Деп. ВИНТИ № 3401, 19.12.95.
10. Fleishman B.S. Stochastic theory of complex ecological system. In: Patten B.C., Jorgensen S.E. (Eds), Complex Ecology, The Part-Wole Relation in Ecosystem, Chapter 6.
11. Лобковский Л.И., Соловьева Н.В. Моделирование годового и спектрального хода гидрооптических характеристик на основе модели экосистемы шельфа и дистанционных наблюдений // Океанология. Т. 48. №2.

12. Соловьева Н.В. Математическое моделирование пространственно-временных изменений экологического риска экосистем шельфа в условиях интенсивного антропогенного загрязнения // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2001.

13. Соловьева Н.В. Моделирование пространственно-временных вариаций риска от сточных вод на примере бухты Мамала (Гавайи) // Материалы V Международного симпозиума «Экоинформатика-2002» (3–5 декабря 2002 г. Москва). – М., 2002.

14. Соловьева Н.В. Моделирование годового хода основных компонент экологической системы шельфа Северного Каспия // Сб. тр. конгресса ПРОТЭК-2002 (сент. 2003 г.). – М., 2003.

15. Соловьева Н.В. Математическое моделирование экосистемы шельфа в рамках мониторинга // Бурение и нефть. Июль-авг. 2005.

16. Соловьева Н.В. Математическое моделирование с использованием данных натуральных и дистанционных наблюдений для оценки состояния экологической системы шельфа // Нефтяное хозяйство. 2005. № 10.

17. Соловьева Н.В., Худошина М.Ю. Математическое моделирование полей сточных вод и зоны загрязнения от сбросового устройства в шельфовых районах // Безопасность жизнедеятельности. 2004. № 2.

18. Лобковский Л.И., Копелевич О.В., Соловьева Н.В. Совместное использование данных натуральных, дистанционных наблюдений и математического моделирования для оценки состояния экологической системы Северного Каспия // Защита ОС в нефтегазовом комплексе. №5. 2005.

19. Соловьева Н.В., Лобковский Л.И. Анализ чувствительности модели экосистемы шельфа к вариациям ее основных параметров на примере расчета оптических характеристик Северного Каспия // Экологические системы и приборы. 2008. №1.

20. Соловьева Н.В., Лобковский Л.И. Совместное исследование чувствительности модели экосистемы шельфа и ее оптических характеристик к вариациям скорости фотосинтеза фитопланктона для калибровки модели // Экология промышленного производства. 2008. №1.



УДК 628.8

## ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

*М.О. Стареева,*  
 Московский государственный гуманитарный университет  
 им. М.А. Шолохова  
 E-mail: stareeva@bk.ru

*О.С. Кочетов,*  
 д-р техн. наук,  
 Московский финансово-юридический университет МФЮА  
 E-mail: o\_kochetov@mail.ru

**Аннотация.** В статье показаны процедуры оценки экологических рисков, когда вследствие возрастания техногенной нагрузки на биосферу, все чаще возникают чрезвычайные ситуации, характеризующиеся значительными материальными, социальными и экологическими последствиями.

**Ключевые слова:** биосфера, техногенная нагрузка, риск.

**Abstract.** Owing to increase of technogenic loading on biosphere, even more often there are the emergency situations characterized by considerable material, social and ecological consequences.

**Keywords:** biosphere, technogenic loading, risk.

Рост техногенной нагрузки на биосферу обусловлен развитием новых технологий, увеличением объемов промышленного и сельскохозяйственного производства, а следствием этих процессов являются все чаще возникающие чрезвычайные ситуации, аварии и катастрофы, характеризующиеся значительными материальными, социальными и экологическими последствиями. В настоящее время назрела необходимость в разработке новых подходов к исследованию и оценке эколого-экономических рисков [1]. На рис.1 представлена схема стратегии и структуры анализа, контроля и управления экологическими рисками (ЭР).

Контроль за эколого-экономическими рисками является составной частью системы контроля (СК) за состоянием окружающей природной среды (ОПС) и источниками повышенной экологической опасности (ПЭО). Такой контроль основан на осуществлении определенных видов

оценочно-аналитических процедур, среди которых наибольшее распространение получили экологическая экспертиза и оценка воздействий на окружающую среду (ОВОС), экологический аудит, экологический контроль и мониторинг, экологическая сертификация.

Рассмотрим особенности этих видов оценочно-аналитических процедур, их цели и задачи.

Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду проводятся с целью установления соответствия хозяйственной или иной деятельности условиям экологической безопасности общества. Экологическая экспертиза играет исключительно важную роль в решении проблемы экологически безопасного развития экономики. Она обеспечивает реализацию на практике только экологически обоснованных хозяйственных решений. Нарушение требований, установленных в результате экологической экспертизы, влечет за собой приостановление до устранения недостатков указанной хозяйственной деятельности, либо полное ее прекращение. Только при положительном заключении экологической экспертизы должно открываться финансирование и кредитование.

Экологический аудит (ЭА) является инструментом для систематической проверки экологического потенциала объекта и потенциального экологического риска.



**Рис. 1.** Схема стратегии и структуры анализа, контроля и управления экологическими рисками

Под экологическим аудитом обычно понимают процедуру определения совокупности показателей состояния окружающей среды в конкретном месте в любой заданный момент времени и сопоставление этих показателей с национальными и международными стандартами ISO 14000. В России принят следующий нормативный документ по формированию системы экологического аудита: ГОСТ Р ИСО 14001-98 «Системы управления окружающей средой». Результаты ЭА используются для определения мер и связанных с ними затрат, необходимых для приведения работы промышленных объектов в соответствие с требованиями стандартов. К примеру, в части приватизации предприятий результаты ЭА могут влиять на их оценку и цену, предлагаемую покупателем.

Цели аудирования определяются в зависимости от:

- а) действующего экономического механизма охраны окружающей среды;
- б) экологической политики хозяйствующего субъекта;
- в) кратко- и долгосрочных потребностей управленческого персонала хозяйствующего субъекта.

При этом определяются организационные, функциональные, территориальные и нормативно-правовые границы программы ЭА. К примеру, организационные границы программы ЭА – конкретные подразделения, производства, объекты, функции, системы, которые подлежат аудированию. Функциональные границы программы ЭА – перечень факторов воздействия на окружающую среду и перечень источников воздействия [3], классификация отходов [2], а также характеристика систем экологического контроля и управления.

В свою очередь территориальные границы программы ЭА включают описание промышленной площадки, экологической ситуации на сопредельной территории, региональной (муниципальной) экологической ситуации, а также перечень требований и ограничений.

ЭА может быть применен при проверке любой деятельности в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов. Например, ЭА может быть использован в системе ОВОС конкретного объекта, экологической экспертизы, экологического контроля, экологического мониторинга и других видов деятельности. В последние годы процедура ЭА используется для идентификации эколого-экономических рисков, а также для целей экологического страхования.

Экологический контроль представляет собой деятельность специально уполномоченных государственных органов, направленную на

обеспечение норм эколого-правовой ответственности в рамках действующего законодательства, и осуществляемую в рамках управления эколого-экономическими рисками.

Основными задачами экологического контроля являются:

- контроль за выполнением планов и мероприятий в области охраны окружающей среды, предписаний и рекомендаций природоохранных и контролирующих органов;
- контроль за соблюдением технологических регламентов и инструкций в процессе производства, связанных с обеспечением экологической безопасности деятельности объектов регионального транспортного комплекса и соблюдения, установленных экологических нормативов, направленных на снижение и минимизацию эколого-экономических рисков;
- контроль и учет поступления загрязняющих веществ в ОПС в составе выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов загрязнений в водные объекты, при размещении отходов, при аварийных и иных ситуациях.

Экологический мониторинг представляет собой информационную систему, в задачи которой входит наблюдение за объектами окружающей среды, происходящими в ней процессами и явлениями, оценка и прогноз ее состояния.

Основными задачами экологического мониторинга рисков являются:

- организация наблюдений за загрязнением атмосферы, поверхностных и подземных вод, почвы по физическим, химическим и экологическим показателям;
- проведение измерений показателей во времени и пространстве, характеризующих состояние объектов, сбор и обработка данных наблюдений, организация и ведение специализированных банков данных, характеризующих экологическую обстановку и состояние природных ресурсов и техногенных объектов страны;
- оценка и прогноз состояния природной среды и антропогенного воздействия на нее, а также информационное обеспечение долгосрочного и оперативного контроля за состоянием природной среды, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Системы мониторинга выполняют следующие функции относительно контроля за эколого-экономическими рисками:

- вырабатывают сопоставимую информацию о состоянии объектов окружающей среды и источников антропогенного и техногенного воздействия на них;

- вырабатывают информацию с целью оперативного принятия управляющих воздействий, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций, связанных с аварийным загрязнением природных объектов;

- осуществляют наблюдение как по показателям, входящим в систему базового мониторинга, так и по специфичным для данного региона, вырабатывают обобщенную информацию для обеспечения банков данных (регионального, общегосударственного).

Система экологической сертификации вводится с целью обеспечения нормативно-технического и правового регулирования экологической безопасности. Она устанавливает требования экологической безопасности на производство, распределение и потребление продукции, процессов, работ и услуг и является неотъемлемой частью механизма управления природопользованием. Основными задачами системы экологической сертификации в транспортном секторе являются:

- предупреждение неблагоприятного воздействия на условия жизнедеятельности человека и состояния окружающей среды факторов, связанных с процессом производства и потребления услуг, утилизацией образуемых отходов и использованием природных ресурсов;

- обеспечение рационального использования, охраны и воспроизводства природно-ресурсного потенциала;

- защита потребителей от услуг опасных для жизни, здоровья и имущества или оказывающих вредное воздействие на окружающую среду в процессе их использования;

- повышение конкурентоспособности отечественных услуг транспортного сектора, содействие экспорту этих услуг.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кочетов О.С Экологическое право. Учебное пособие. – М., 2002.
2. Кочетов О.С Экономические аспекты переработки отходов // Экология и промышленность России. 2002. № 4.
3. Кочетов О.С Двухступенчатая установка для очистки воздуха от пыли // Экология и промышленность России. 2009. № 10.

УДК 621:004

## РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ВАРИАНТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОБОСНОВАННОГО ВЫБОРА СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

*М.Ю. Худошина,  
д-р физ.-мат. наук,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: hudosh@stankin.ru*

*О.В. Бутримова,  
канд. техн. наук,  
Московский государственный технологический университет  
«Станкин»  
E-mail: olga.stankin@mail.ru*

**Аннотация.** В статье рассматривается понятие комплексного критерия в применении к процессу экологически обоснованного выбора смазочно-охлаждающих технологических средств, формирование комплексного критерия. Рассмотрены алгоритм и методика выбора смазочно-охлаждающих технологических средств.

**Ключевые слова:** комплексный критерий, смазочно-охлаждающие технологические средства, база данных, алгоритм выбора, методика выбора, метод «взвешенных критериев».

**Abstract.** In article the concept of complex criterion of application to process of ecologically well-founded choice of cooling technological means, formation of complex criterion is considered. The algorithm and a technique of a choice of cooling technological means are considered.

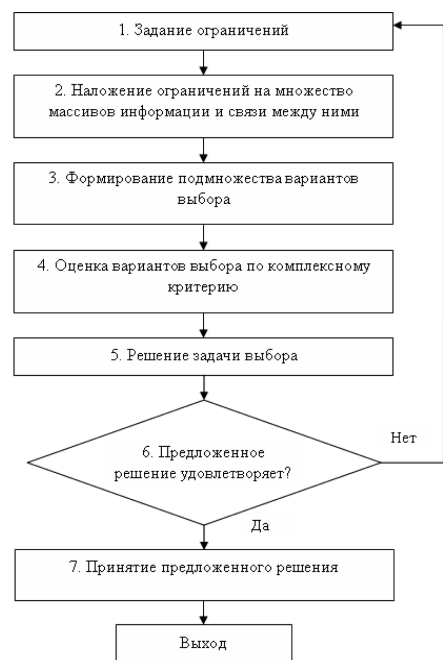
**Keywords:** the complex criterion, cooling technological means, a database, algorithm of a choice, a choice technique, a method of «the weighed criteria».

Присутствие смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) при реализации технологических процессов существенно усложняет обеспечение требуемых показателей качества средствами автоматизации из-за необходимости организации представления инфор-

мации об основных характеристиках СОТС, системах их применения, технологических режимах, оборудовании для реализации технологических процессов и др. Решение этих вопросов возможно посредством использования разработанной интегральной базы данных «ЭКО СОТС», аккумулирующую всю необходимую информацию о СОТС, включая информацию об экологических показателях и показателях безопасности технологических процессов и выбора СОТС и систем их применения с учетом этой информации.

В процессе создания информационно-поисковой системы, основанной на БД «ЭКО СОТС», было разработано методическое обеспечение выбора СОТС и систем их применения, включающее алгоритм и методике выбора на базе комплексного критерия.

В соответствии с разработанным алгоритмом выбора (рис. 1), на основе заданных пользователем ограничений параметров поиска (блок 1), из всего множества исходных вариантов  $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_n\}$  выделяется некоторое подмножество вариантов



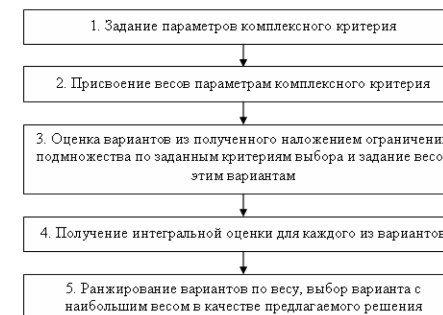
**Рис. 1. Укрупненный алгоритм выбора СОТС и систем их применения**

решений  $\Omega^* = \{\omega_1, \dots, \omega_k\}, k \leq n$  (блок 3). Дальнейший поиск выполняется уже в этом подмножестве путем оценки вариантов выбора по комплексному критерию (блок 4). Она осуществляется в рамках данного алгоритма по технологическим, экологическим и экономическим параметрам технологической системы с использованием СОТС по разработанному алгоритму оценки. Если выбранный вариант не устраивает пользователя, то процесс принятия решения возобновляется с новыми, уточненными или измененными параметрами до получения конечного результата.

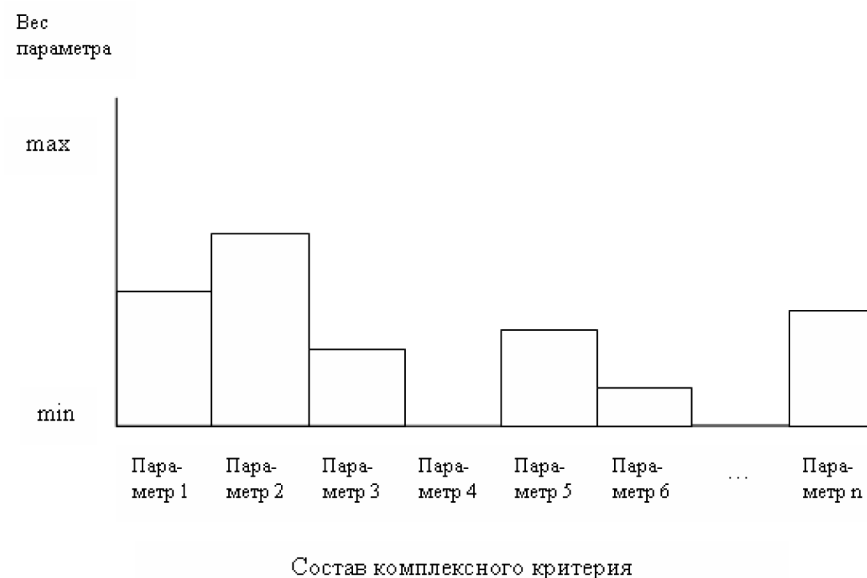
Комплексный критерий представляет собой набор параметров, характеристик СОТС и систем их применения и может меняться в

зависимости от определяемой пользователем значимости этих параметров.

Отличительной особенностью комплексного критерия является возможность его изменения в широких пределах в зависимости от поставленной задачи по принятию решений. Изменение (формирование) комплексного критерия осуществляется путем задания весов параметров, входящим в комплексный критерий (рис. 3). При решении задачи выбора существенное влияние на выбор оказывают лишь некоторые параметры из общего их числа. Этим параметрам при решении данной задачи присваиваются определенные весовые коэффициенты в зависимости от степени их значимости. Остальные же параметры комплексного критерия не учитываются. Задание весов производит пользователь, формирующий



**Рис. 2. Укрупненный алгоритм оценки вариантов выбора по комплексному критерию**



**Рис. 3. Графическое представление комплексного критерия**

задачу принятия решения. Вес каждого параметра, входящего в состав комплексного критерия, является дополнительной информацией, используемой специальными методами принятия решений. Вес параметра предоставляет возможность оценить значимость параметров (критериев), составляющих комплексный критерий, возможность их сравнения по степени значимости.

Формирование комплексного критерия заключается в присвоении весовых коэффициентов (в том числе и нулевого веса) параметрам ком-

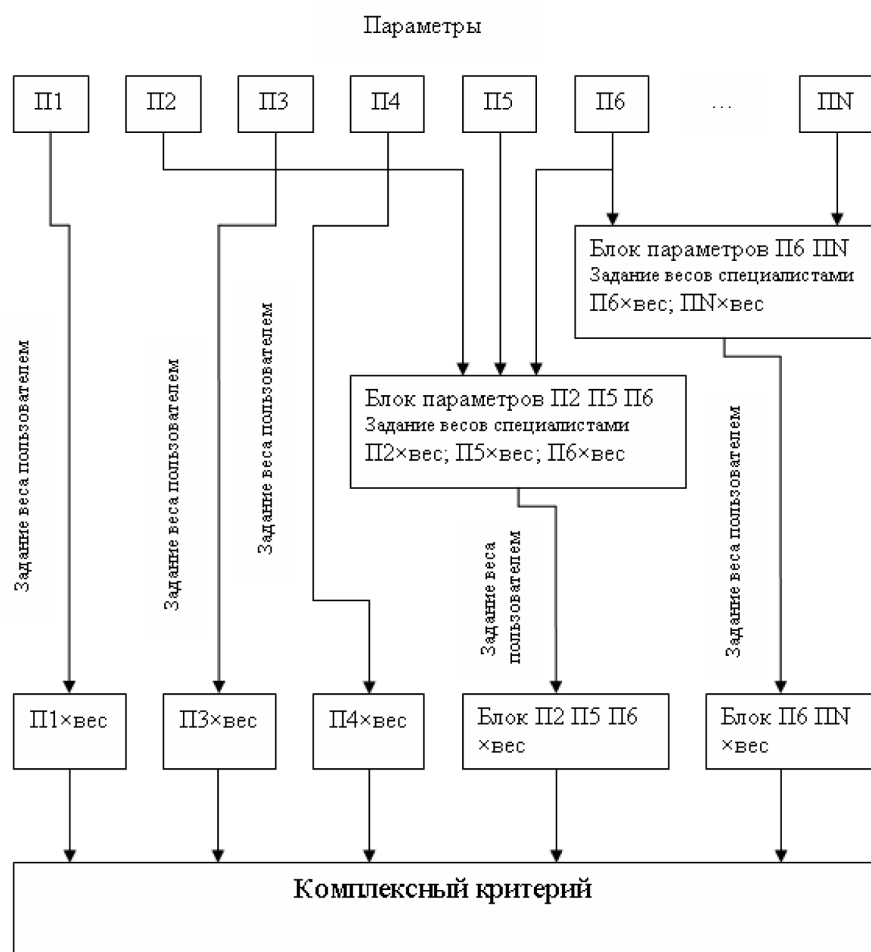


Рис. 4. Формирование комплексного критерия

плексного критерия, а также в выборе их значений. Формирование комплексного критерия зависит от цели, которую необходимо достигнуть при выборе.

Формирование комплексного критерия может осуществляться тремя путями (рис. 4):

1. Формирование критерия пользователем. В этом случае пользователь сам определяет параметры, влияющие на выбор. Такой способ может применяться, когда выбор определяется набором различных факторов слабо связанных друг с другом. Например, когда выбор определяется какими-либо физико-химическими характеристиками продукта (вязкость, плотность СОТС и т.п.) и его стоимостью.

2. Формирование комплексного критерия специалистами в конкретной области знаний. Такой способ рекомендуется применять для учета в процессе выбора специфических условий. Элементы предметной области и их параметры, создающие эти условия, определяются специалистами. Таким образом определяются параметры комплексного критерия, характеризующие, например, токсичность СОТС, экономическую рентабельность использования той или иной системы, энергозатраты и т.п.

3. Смешанный способ формирования комплексного критерия. В данном случае часть параметров определяется пользователем, другая часть используется в виде «блоков параметров», сформированных специалистами, что позволяет учесть все необходимые параметры, в том числе и определяющие специфические условия.

Каждому параметру, входящему в комплексный критерий, присваивается определенный вес. В работе [1] для оценки параметров взята 10-балльная шкала, в которой присутствует и нулевой балл, обозначающий, что параметр, оцененный им, предположительно не имеет влияния при принятии решения.

Для начала формирования критерия (или формирования блока параметров) необходимо прежде всего разделить параметры на две группы: имеющие вес 1 и более и имеющие нулевой вес. Если необходимо выделить некоторое подмножество параметров, влияющих на выбор, и при этом нет необходимости выделять в этом подмножестве более и менее значимые параметры, тогда всем параметрам, входящим в это подмножество, задается вес 1, а остальным параметрам – вес 0.

Для ориентировочного определения веса параметров можно воспользоваться логическими цепочками влияния различных характери-

стик технологической среды с применением СОТС на тот или иной опасный фактор [1, с. 8]. Логическая цепочка представляет иерархию элементов и характеристик технологической среды, влияющих на существование опасного фактора. Элементы, находящиеся на верхних уровнях иерархии, как правило, оказывают более существенное воздействие на опасный фактор, чем те, которые находятся ниже.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автореф. дис... канд. техн. наук Бутримовой О.В. ГОУ ВПО МГТУ «Станкин», 2011.

---

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

---

УДК. 336.763; 519.711.2

## ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПАКЕТАМИ ФИНАНСОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА РЫНКЕ ФОРЕКС

*А.М. Авдеенко,  
д-р физ.-мат. наук,  
Национальный технологический университет МИСИС, г. Москва.  
E-mail: aleksei-avdeenko@mail.ru*

**Аннотация.** В статье показано, как на основе модели нелинейных стохастических вейвлетов строится алгоритм мультивалютной торговли на рынке Форекс. Особенностями алгоритма является возможность слабо- и сильносвязанной горизонтальной самосборки и использование вложенных структур. Торговля восемью валютными парами в реальном времени показала высокую эффективность и устойчивость алгоритма.

**Ключевые слова:** мультивалютная торговля, стохастические вейвлеты, самоорганизация.

**Abstract.** Algorithm of multicurrency trading at the market of Forex is realized on the basis of nonlinear stochastic wavelets. The distinctive feature of the algorithm is the possibility of weakly- and strongly connected horizontal self-assemblies, as well as use of nested structures. On-line trading with eight currency couples has shown high effectiveness and stability of the algorithm.

**Keywords:** multicurrency trading, stochastic wavelets, self-assemblies

Чем сложнее система, тем более междисциплинарен должен быть подход, положенный в основу ее описания. Необходим поиск и формулировка универсальных принципов и методов, применимых к таким сложным системам, как человеческий социум, политическая система, экономические модели, индивидуальное сознание и т.д.

Чем сложнее система, тем труднее формализовать пространство описания и законы эволюции системы. Вместе с тем удачный выбор пространства описания позволяет с минимальными затратами найти законы, управляющие ее поведением.

Кроме того решение задачи существенно облегчается тем, что речь идет не о моделировании сложных природных процессов, а всего лишь

о моделирования способа принятия решения субъектами рынка Форекс, обладающими той же исходной информацией, сравнимыми вычислительными и аналитическими возможностями, преследующими вполне определенную и простую цель.

В настоящей работе предлагается алгоритм оптимизации мультивалютной стратегии на рынке Форекс, пригодный, впрочем, для работы и на других рынках акций, опционов, фьючерсов и т.д.

В основу алгоритма (так называемый блок элементарных решений) положена модель нелинейных стохастических вейвлетов [12].

Все остальное – надстройка над этой моделью, позволяющая имитировать, насколько это возможно, принятие эффективных решений.

Блок-схема алгоритма представлена на рис. 1. Генераторы элементарных решений обозначены 1 и 2 и соответствуют статистическому и динамическому критериям работы [1].

Общее число блоков не ограничено; в их качестве можно использовать стандартные модели – метод скользящих средних (MACD), полосы Боллинджера (BB), индекс относительной силы рынка и т. д. В основу алгоритма положены следующие принципы:

1. Динамическая оптимизация с возможностью генерировать случайные решения «выживающие» или «не выживающие» в зависимости от их эффективности («креативность») – блок 4.

2. Возможность сильно- и слабосвязанной горизонтальной самосборки, т.е. автоматическое подключения или отключения различных блоков программы ориентированных на торговлю различными валютными парами (блоки 6, 7). При этом блоки могут находиться в различных состояниях – активной торговли (принятие решения и взаимодействие с торговым сервером – блок S), в полуактивном состоянии – обсуждение решений и обмен информацией с другими блоками и пассивном состоянии – отключенными от принятия решения и обсуждения.

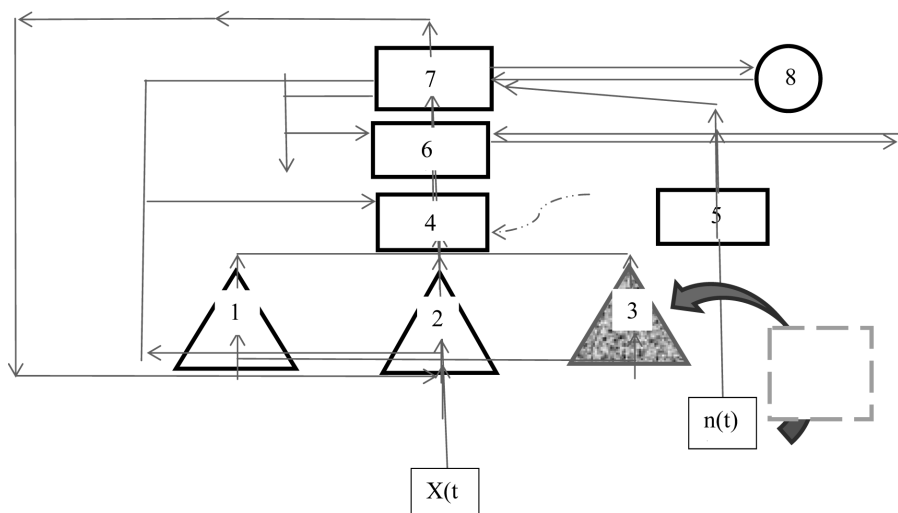
Сильносвязанная самосборка позволяет принимать коллективные решения о входе или выходе в рынок на основе текущих котировок в заданном временном масштабе, слабосвязанная – на основе результативности завершенных операций в различном временном масштабе – блок 8.

3. Возможность самоподобной сборки позволяет использовать в качестве блока принятия элементарных решений всю структуру целиком, но в другом временном масштабе (с другим таймфреймом) – блок 3.

4. Возможность вертикальной самосборки: полученное решение (в частности, вход или выход в короткую или длинную позицию) в данный

момент времени можно использовать в качестве входных переменных наряду с текущими котировками – блок N.

В ряде случаев это позволяет принимать стратегические решения, однако резко возрастают требования к производительности вычислительной техники.



**Рис. 1. Принципиальная схема алгоритма**

1,2 – генераторы элементарных решений (модель NSW); 3 – блок самоподобной сборки; 4 – блок динамической оптимизации и генерации структур; 5 – блок оптимизации пакетов; 6 – блок принятия коллективных решений; 7 – блок генерации сильносвязанной самосборки; 8 – блок генерации слабосвязанной самосборки; N – блок вертикальной самосборки; S – центральный торговый сервер; X(t), n(t) – текущая котировка и доля валютной пары в пакете финансовых инструментов

Экспериментальная проверка осуществлялась в режиме автоматической торговли в период с 28.04.2011 по 26.05.2011 в реальном времени при одновременной торговле восемью валютными парами с тайм-фреймом 5 мин при использовании однократной самоподобной сборки с таймфреймом 15 мин. Алгоритм был реализован в среде MetaTrader. В простейшем варианте его величина составила порядка полутора тысяч программных строк.

Вертикальная самосборка не использовалась. Исходный депозит составлял 5000 долларов. Никакой предварительной настройки и подгонки параметров моделей и алгоритма не производилось.

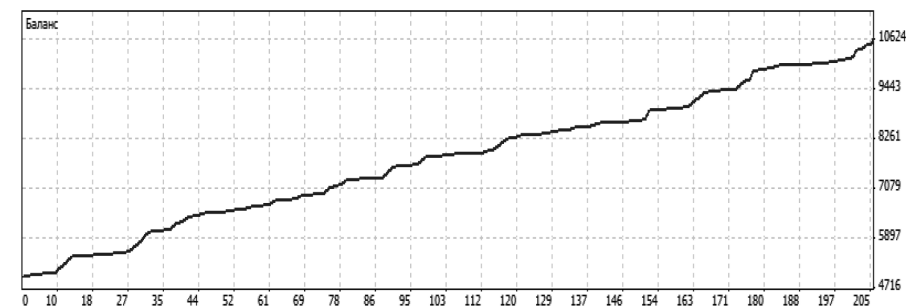
**Таблица 1**

**Эффективность работы алгоритма за период с 28.04.2011 г. по 26.05.2011г.**

Депозит, долл.	Количество сделок		Прибыль, долл.	Плавающая прибыль (убыток), долл.	Средняя прибыль на сделку, долл.
	Long	Short			
5000	83	122	5683.62	-1161.37	28.87

Аналогичные результаты дало шестинедельное тестирование в июле-августе 2011 г. Примечательно, что существенные проблемы, возникшие на рынке, в связи с проблемой госдолга США в конце июля – начале августа, не снизили эффективность работы алгоритма. Среднедневная прибыль для обоих периодов тестирования лежала в интервале 0.027...0.042. На момент написания работы завершается третье шестинедельное тестирование в реальном времени. Промежуточные оценки показывают еще больший уровень прибыльности по сравнению с предыдущими периодами.

По его завершении можно будет провести репрезентативное статистическое оценивание вероятности безубыточной торговли с использованием непараметрических критериев типа Колмогорова-Смирнова.



**Рис. 2. Зависимость текущего баланса от количества завершённых сделок за период с 28.04.2011 г. по 26.05.2011 г.**



Предложенный алгоритм демонстрирует высокую эффективность, в основе которой, по мнению автора, лежит гибкость алгоритма. Заранее нельзя предсказать, какие именно блоки будут активны и, каким образом, с учетом каких временных масштабов, будут приниматься решения.

Простейшая верхняя оценка показывает, что для  $M$  блоков элементарных решений и  $N$  валютных пар при  $K$  кратном самоподобном вложении общее количество возможных связей между различными валютными парами в разных тайм фреймах имеет порядок  $[(M!)(N!)]^{K+1}$ . Для использованных выше значений  $M = 2$ ,  $N = 8$ ,  $K = 1$  эта величина составляет по порядку  $6 \cdot 10^9$ . Включение вертикальной самосборки еще более увеличивает эту оценку.

Предложенный алгоритм не является тем или иным вариантом модели нейронных сетей. Нейронные сети показали полную неэффективность в решении подобных задач. Это связано с тем, что процесс формирования котировки валютной пары случаен, возможно с наложением эффектов детерминированного хаоса в той или иной модели – от Фейгенбаума до Лоренца с вероятным включением сценариев И. Помо и П. Манневила. Волатильность процесса несводима к одному масштабу времени, напротив, существуют многомасштабные эффекты, поэтому «обучение» сети бесполезно либо приводит к тривиальным результатам. Алгоритмы блока элементарных решений [2] скорее близки к процедуре стохастической аппроксимации типа Роббинса-Монро [3].

Система в целом, скорее, имитирует «человеческий» способ принятия решений: от накопления и систематизации доступной информации до построения моделей разного уровня с последующим уточнением и возможностью «озарения». Единственное, но существенное, отличие – гораздо больший объем обрабатываемой информации и быстродействие.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеенко А.М. Стохастический анализ сложных динамических систем. Рынок Forex // Нелинейный мир. 2010. №6.
2. Avdeenko A.M. Optimization of Financial Instrument Parcels in Stochastic Wavelet Model. 2010arXiv1007.5413A.
3. Robbins H., Monro S. A stochastic approximation method // Ann. Math.Stat. 1951.22.

УДК 791.43.01

## ПРИМЕНЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭСТЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ КИНОАУДИТОРИИ

*Е.Б. Бояршинова,  
МГУ им. М.В. Ломоносова  
E-mail: boyarshinova\_e@mail.ru*

*С.П. Насельский,  
канд. техн. наук,  
Московский государственный гуманитарный университет  
им. М.А. Шолохова  
E-mail: snasel@mail.ru*

---

**Аннотация.** В статье показано, что в эстетическом восприятии современного кинематографа существует проблема статистического сравнения вкусов современных российских кинозрителей (массовых) и любителей кино (синифилов) со вкусами их западных коллег. Мы предлагаем несколько иной инструмент, который, позволяет выделять различия в оценке фильмов независимо от того, в какой части рейтингового списка они находятся.

**Ключевые слова:** корреляционный анализ, эстетика кино.

**Abstract.** One of the issues arising in the contemporary cinema aesthetic perception is a statistical comparison of current Russian moviegoer tastes (both gross audience and cinephiles) with the tastes of their western counterparts. The tool we designed is slightly different. It allows, as will be demonstrated, to highlight differences in movie evaluations despite its position in a rating list.

**Keywords:** correlation analysis aesthetic of cinema.

---

В эстетическом восприятии современного кинематографа существует проблема статистического сравнения вкусов современных российских кинозрителей (массовых) и любителей кино (синефилов) со вкусами их западных коллег. Развитие электронных средств коммуникаций и сети Интернет привело к появлению сайтов любителей кино, на которых можно почерпнуть огромное количество информации про-

шедшей предварительную систематизацию. О внимании киноаудитории к фильмам свидетельствуют сборы. О внимании продвинутой части кинозрителей (синефилов) говорит количество посетителей сайтов, давших оценку фильмам. А сам уровень оценок непосредственно свидетельствует о восприятии художественного уровня произведений киноискусства. Ключевым в исследовании различий восприятия является необходимость разработки способа сравнения данных характеризующих киноаудиторию нашей страны и западных зрителей. Дело в том, что все имеющиеся показатели в силу различных объемов кинорынков (нашего и западного), разного количества любителей кино и различной степени их включения в интернет-сообщество, а также различия подходов к оценке фильмов, нуждаются в способе сопоставления.

В настоящей работе был использован достаточно очевидный способ. Приведем пример. Пусть есть результаты измерений каких-то величин в сантиметрах и в дюймах. Например, данные о росте некоторого количества людей. Тогда, сравнив эти данные, можно определить коэффициенты пересчета дюймов в сантиметры. Для некоторых людей, может оказаться, что пересчитанный в сантиметры результат дюймовых измерений не соответствует тому результату, который получен при измерении сантиметровой линейкой. Это свидетельствует о том, что при измерении роста этого человека дюймовой и сантиметровой линейками что-то по-разному повлияло на результат. Так и при сравнении мнений различных киноаудиторий. Можно установить средний коэффициент пересчета, но для некоторых фильмов окажется, что результат не подчиняется простым законам соответствия. Значит что-то в этом произведении киноискусства воспринимается по-разному нашими зрителями и западными. Да что там западными! Интерес наших синефилов и массового зрителя к различным фильмам не коррелирован, т.е. никак не связан.

**Источники информации.** Каждую неделю в российский кинопрокат выходит несколько фильмов. Например, в 2008 г., по данным популярного синефильского сайта, в прокат вышли 339 кинофильмов. Используя Интернет, можно узнать самые различные сведения об этих фильмах. Можно посмотреть так называемый трейлер (это то, что раньше принято было называть анонсом). Можно познакомиться с отрывками из этих фильмов, посмотреть галерею, составленную из отдельных кадров, прочитать аннотацию, рецензии профессиональных и непрофессиональных рецензентов и отклики зрителей. Если бы этим

и исчерпывалась информация об эстетических достоинствах кинопроизведений, то база для анализа была бы ограничена только мнениями аудитории, пишущей о кино профессионально или любительски. Но в настоящее время можно говорить о существовании массового интернет-сообщества, охватывающего широкие круги любителей кино (синефилов), которые участвуют в постоянно проводимых опросах на сайтах для киноманов. На этих сайтах автоматически обобщаются статистические характеристики выражения мнений. Кроме того, косвенно о восприятии фильмов говорит их коммерческий успех или неуспех. Итак, познакомимся с источниками информации, на базе которой проведены исследования. Непосредственно мнение синефилов по отношению к каждому фильму выражается в виде оценки по десятибалльной шкале в индексах Top250 и IMDb. Индекс Top250 используется русскоязычной публикой, а индекс IMDb является интернациональным. О фильмах, вышедших в мировой прокат, на сайте IMDb отзывается в десятки раз больше людей, чем на сайте Top250. Средние оценки фильмов, публикуемые этими индексами, могут служить для сравнения вкусов активных кинозрителей, которых можно назвать синефилами. Кроме непосредственных оценок, выраженных баллами, имеется показатель, характеризующий интерес активных кинозрителей к тому или иному кинопроизведению, – это количество людей, поставивших свою оценку фильмам на сайтах Top250 и IMDb. Статистическая сводка мнений профессиональных англоязычных кинокритиков также доступна на сайте [www.kinopoisk.ru](http://www.kinopoisk.ru). Количество англоязычных рецензий и доля среди них положительных рецензий, а также средняя оценка фильмов рецензентами по десятибалльной шкале. Сборы фильмов в кинопрокате позволяют сравнивать интерес публики к различным фильмам. Сборы от проката в России и (отдельно) в США доступны на этом сайте. По 142-м из 339-ти фильмов вышедших в российский кинопрокат в 2008 г., информация о всех указанных оценках имеется.

**Метод исследования и результаты.** Но вот вопрос: как использовать эту богатую статистику? Неужели ограничиться, как это делают в популярных журналах по кино, составлением десятки самых лучших фильмов? Кстати, Top250 именно так и задуман. С его помощью составлен и постоянно корректируется список 250-ти самых лучших фильмов. Мы предлагаем несколько иной инструмент, который, как это будет видно, позволяет выделять различия в оценке фильмов независимо от того, в какой части рейтингового списка они находятся. Рассмотрим вопрос

на языке математической статистики. О некотором количестве объектов (в нашем случае фильмов) известны две количественные характеристики. В нашем случае их можно выбрать из широкого списка: оценка синефилов Top250; оценка синефилов IMDB; количество людей выразивших свое мнение в рейтинге Top250; количество людей выразивших свое мнение в рейтинге IMDB; сборы фильма в российском прокате (характеристика интереса к фильму со стороны российской аудитории); сборы фильма в прокате США (характеристика интереса к фильму со стороны американской аудитории); оценка, данная фильму англоязычными рецензентами; процент англоязычных рецензентов, положительно оценивших фильм; общее количество англоязычных рецензий; любые другие количественные характеристики зрительского внимания или зрительского восприятия, которые можно найти в Интернете.

Итак, мы имеем дело с парой количественных характеристик выбранных из широкого списка, для некоторого количества объектов (фильмов). Обозначим эти характеристики  $\{x_i, y_i\}$ . Индекс  $i$  – это порядковый номер, он меняется от 1 до  $n$ . Существует математический критерий – коэффициент корреляции, который позволяет оценить степень обоснованности применения линейной зависимости для описания связи между величинами  $y$  и  $x$ . Этим критерием является коэффициент линейной корреляции. Для его вычисления разумно использовать следующую формулу:

$$r = \frac{COV_{xy}}{D_x} = \frac{(\overline{x \cdot y}) - \bar{x} \cdot \bar{y}}{x^2 - (\bar{x})^2}$$

В этой формуле горизонтальные черточки над выражениями означают усреднение. В частности:

$$\overline{(x \cdot y)} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i \cdot y_i)}{n}; \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}; \quad x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}$$

Следует иметь в виду, что  $\overline{x^2} \neq (\bar{x})^2$ . Величины  $COV_{xy} = \overline{(x \cdot y)} - \bar{x} \cdot \bar{y}$  и  $D_x = \overline{x^2} - (\bar{x})^2$  называются в статистике, соответственно, ковариация и дисперсия. Коэффициент линейной корреляции изменяется в пределах от минус единицы до плюс единицы. Если коэффициент корреляции больше нуля, говорят о положительной корреляции. В этом случае большим значениям одной из переменных чаще соответствуют большие значения другой переменной. В случае отрицательной корреляции все

наоборот: большим значениям одной из исследуемых величин соответствуют меньшие значения другой величины. Считается, что абсолютное значение коэффициента корреляции является мерой тесноты связи двух величин. Чем ближе к единице, тем теснее связь. Если коэффициент корреляции отличается от нуля менее чем на 0,2 ... 0,3; то это указывает на отсутствие связи между величинами или ее крайне низкую степень.

Сама по себе величина коэффициента линейной корреляции о многом говорит. Например, по результатам проката 2008 г. коэффициент корреляции между оценкой синефилов Top250 и сборами проката отсутствует: коэффициент корреляции равен 0,047. Это очень важный результат. Сборы никак не связаны с художественными и эстетическими качествами фильмов. Зато количество людей, давших свою оценку фильмам, зависит от сборов очень заметно. Коэффициент корреляции количества оценок на Top250 и сборов в РФ составляет 0,635. Это достаточно ожидаемый результат, количество просмотревших фильм синефилов определяется интенсивностью ее проката. Еще теснее корреляция оценок Top250 и IMDB – для этой пары величин коэффициент корреляции равен 0,794; а количества проголосовавших коррелируют с коэффициентом 0,743. Значит, в целом, оценка фильма и внимание к нему со стороны отечественных и зарубежных синефилов определяются эстетическими критериями. Но наибольший интерес представляют различия. Мы подходим к ним. Повторяем: мы имеем дело с парой количественных характеристик для некоторого количества фильмов. Мы обозначили эти характеристики  $\{x_i, y_i\}$ , где индекс  $i$  – это порядковый номер, он меняется от 1 до  $n$ . Если изобразить эти точки на координатной плоскости  $XOY$ , то они образуют в большей или меньшей степени вытянутое облачко. Сразу появляется желание изобразить зависимость между  $y$  и  $x$  с помощью прямой линии, то есть линейной функции:

$$y_i^* = kx_i + b$$

Оправданность такого приближения тем выше, чем больше коэффициент линейной корреляции. Метод построения таких зависимостей известен с эпохи Возрождения. Он носит название метода наименьших квадратов. Этот метод заключается в подборе таких значений параметров зависимости (в нашем случае это  $k$  и  $b$ ), чтобы сумма квадратов отклонений теоретических значений от фактических была бы минимальной. Отклонение фактического значения ( $y_i$ ) от теоретического ( $y_i^*$ ) – это:

$$\varepsilon_i = y_i - y_i^* = y_i - kx_i - b$$

Эта задача давно решена и имеет простое решение:

$$k = r \cdot \sqrt{\frac{D_y}{D_x}}; b = \bar{y} - k \cdot \bar{x}.$$

Величина отклонения фактических значений от расчетных ( $\varepsilon_i$ ) является мерой соответствия теоретической зависимости фактической для каждого конкретного случая. Среднее квадратичное отклонение фактических значений от теоретических (остаточная дисперсия) является мерой точности соответствия зависимости фактическому положению дел в целом. Производной от нее величиной является остаточное среднее квадратичное отклонение, обычно обозначаемое греческой буквой  $\sigma$ . Эти величины легко вычислить по формулам:

$$D_{i\bar{y}\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n-2}; \sigma_{i\bar{y}\bar{x}} = \sqrt{D_{i\bar{y}\bar{x}}}.$$

Значение этих величин трудно переоценить. Напомним так называемое правило «трех сигм»: «очень редко случайная величина отклоняется от своего среднего значения более чем на три средних квадратичных отклонения (три сигма)». Если такое отклонение происходит, то оно указывает на то, что применительно к объекту можно утверждать, что этот объект является особенным. Проиллюстрируем вышесказанное примером.

Если в качестве пары величин ( $y$  и  $x$ ), между которыми исследуется степень зависимости использовать две величины: количество любителей кино (синефилов) давших свои оценки на Top250 и сборы в РФ (коэффициент корреляции этих величин 0,635; количество фильмов для которых имеются эти данные 317), то выяснится интересный факт. Более чем на три сигма (или чуть меньше) превосходит ожидаемый со стороны синефилов интерес к следующим фильмам: «Сумерки» (8,5 $\sigma$ ), «Темный рыцарь» (7,0 $\sigma$ ), «ВАЛЛ-И» (5,8 $\sigma$ ), «Я-легенда» (3,7 $\sigma$ ), «Заложница» (3,3 $\sigma$ ), «Железный человек» (2,6 $\sigma$ ), «Суиннитод: демон парикмахер с Флит-стрит» (2,6 $\sigma$ ). Ажиотажное внимание фильму «Сумерки» обеспечила аудитория, состоящая из молодых зрительниц, влюбившихся в главного героя фильма – симпатичного вампира. Понятно преувеличенное внимание к фильму «Темный рыцарь». В этом фильме сыграл свою последнюю роль трагически ушедший из жизни актер Хит Леджер, смерть которого незадолго до премьеры фильма стала предметом обостренного внимания синефилов. Остальные три фильма привлекли

к себе повышенное внимание благодаря своим художественным качествам и сниженному интересу к ним со стороны массового зрителя.

Несопоставимо мало внимания синефилов уделили следующим фильмам: «Мадагаскар-2» (-3,4 $\sigma$ ), «Адмирал» (-2,6 $\sigma$ ), «Мумия: Гробница Императора Драконов» (-2,6 $\sigma$ ). Это отставание легко интерпретировать. Фильмы оказались востребованы аудиторией, состоящей из людей не принадлежащих к интернет-сообществу. Фильмы «Мадагаскар-2» и «Мумия: Гробница Императора Драконов» были кассово-успешны, но рассчитаны на детскую аудиторию. Фильм «Адмирал» не заслужил внимания у любителей кино, видимо, по эстетическим причинам.

Для исследования зависимости между количеством синефилов, давших свои оценки на Top250, и сборами в РФ было использовано 317 фильмов. Примененный нами метод позволил выделить из этой массы 10 фильмов. Это около 3%. Обработана информация только за один год кинопроката (2008). Доступный для использования в исследовании объем информации на порядок больше того, что обработан, и мы надеемся продолжить это исследование.

УДК 338.23 (075.8)

## УРОВЕНЬ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ЗАБАЙКАЛЬЯ

*Д.В. Гордиенко,  
д-р воен. наук,  
Российская академия народного хозяйства и государственной  
службы при Президенте Российской Федерации г. Москва  
E-mail: gordienko@ane.ru*

**Аннотация.** Статья посвящена оценке уровня экономической безопасности Восточной Сибири и Забайкалья. Проанализирован подход к обеспечению экономической безопасности восточных регионов России в условиях мирового финансово-экономического кризиса.

**Ключевые слова:** мировой финансово-экономический кризис, оценка уровня экономической безопасности, Российская Федерация.

**Abstract.** This article is assessment of economic safety rate of East Siberian's and Zabaical's impact has. The approach to provision of economic safety of east's regions of the Russia in the conditions of world financial-economic crisis analyzed.

**Key words:** world financial-economic crisis, valuation of economic safety rate, Russian Federation.

Россия – страна почти 80 регионов, расположенных на значительной территории нашего государства. В дополнение к общефедеральной ориентации, в ряде регионов нашей страны одно из главных мест занимает локальная ориентация на отношения с приграничными государствами и их приграничными регионами. В этих условиях трансграничные регионы России, естественно, испытывают определенное влияние (а, иногда, и/или давление) соседних иностранных экономических систем в зависимости от уровня их социально-экономического развития и специализации.

При этом особое место занимают Восточная Сибирь<sup>1</sup> и Забайкалье<sup>2</sup>, которым «выпал шанс» реализовать «евразийскую миссию Рос-

<sup>1</sup> К Восточной Сибири здесь и далее относятся: Республика Тыва; Республика Хакасия; Красноярский край; Иркутская область.

<sup>2</sup> К Забайкалью здесь и далее относятся: Республика Бурятия; Забайкальский край.

сии». В этой связи становится актуальной задача сравнительной оценки уровня экономической безопасности этих восточных регионов нашей страны в целях выявления направлений повышения эффективности их социально-экономического развития и повышения уровня региональной экономической безопасности.

## СТРАТЕГИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ВОСТОЧНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

Российским правительством значительное внимание уделяется социально-экономическому развитию восточных регионов нашей страны – Восточной Сибири и Забайкалья. С этой целью на федеральном и региональном уровнях принят и/или разработан ряд концептуальных и программных документов, предусматривающих экономическое и социальное развитие как отдельных субъектов Федерации, так и перечисленных выше регионов в целом.

В частности, **стратегической целью развития Сибири** объявлено «обеспечение устойчивого повышения уровня и качества жизни населения на основе сбалансированной социально-экономической системы инновационного типа, гарантирующей национальную безопасность, динамичное развитие экономики и реализацию стратегических интересов России в мировом сообществе». При этом «основные показатели социально-экономического развития Сибири к концу 2020 года должны соответствовать среднероссийским значениям. Для этого среднегодовой темп прироста суммарного валового регионального продукта, начиная с 2012 года, должен превышать среднероссийский показатель. Такой подход к формированию целей Стратегии определяется необходимостью преодоления отставания развития социального сектора и превращения регионов Сибири в территорию комфортного проживания и успешного ведения бизнеса».

**Стратегической целью развития Дальнего Востока и Байкальского региона** объявлена «реализация геополитической задачи закрепления населения на Дальнем Востоке и в Байкальском регионе за счет формирования развитой экономики и комфортной среды обитания человека в субъектах РФ, расположенных на этой территории, а также достижения среднероссийского уровня социально-экономического развития». Для достижения этой цели признано необходимым «обеспечить сопоставимое или опережающее по сравнению со среднероссийскими темпами социально-

экономическое развитие субъектов РФ, расположенных на территории Дальнего Востока и Байкальского региона, и решить ряд задач».

### ПОКАЗАТЕЛИ РЕГИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ЗАБАЙКАЛЬЯ

В период мирового финансово-экономического кризиса, благодаря реализации антикризисных мер, российскому правительству и правительствам субъектов Федерации восточных регионов нашей страны удалось не допустить банковского кризиса, повальной безработицы и массового банкротства предприятий. Тем не менее финансово-экономический кризис, безусловно, внес коррективы в перспективы экономического развития Восточной Сибири и Забайкалья, а также в изменение уровня экономической безопасности России в ближайшее десятилетие. Анализ же статистических данных по девяти показателям экономической безопасности позволил предположить, что уровень региональной безопасности хозяйств восточных регионов нашей страны в период кризиса понизился (рис. 1, рис. 2, рис. 3).

Несмотря на принятые меры, кризис существенно понизил общий уровень экономической безопасности Российской Федерации и ее восточных регионов и оказал негативное влияние на динамику его повышения в ближайшие годы. В этой связи представляет интерес сравнительная оценка уровня экономической безопасности России и уровней региональной экономической безопасности Западной и Восточной Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока в период кризиса и посткризисный период.

### ОЦЕНКА УРОВНЕЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И ЗАБАЙКАЛЬЯ

Оценка *общего интегрального уровня* экономической безопасности России базируется на определении значений *общего нормированного показателя* безопасности национального хозяйства, расчетная формула которого может иметь вид:

$$Y_{ЭБ} = \prod_{i=1}^I \beta_i^{\alpha_i}, \prod_{i=1}^I \alpha_i = 1,$$

где:  $Y_{ЭБ}$  – общий нормированный показатель уровня безопасности национального хозяйства государства;  $\alpha_i$  – вес  $i$ -го нормированно-

го частного показателя, характеризующего экономическую безопасность государства;  $\beta_i$  – значение  $i$ -го нормированного частного показателя, характеризующего экономическую безопасность государства.

Аналогично, оценка *общих интегральных уровней* экономической безопасности восточных регионов России может базироваться на определении значений *общих нормированных показателей* безопасности хозяйства каждого региона, расчетная формула которого может, в первом приближении, иметь вид:

$$Y_{ЭБ,j} = \prod_{i=1}^I \beta_i^{\alpha_i} \beta_{i,j}^{\alpha_{i,j}}, \prod_{i=1}^I \alpha_i = 1, \prod_{i=1}^I \alpha_{i,j} = 1.$$

где:  $Y_{ЭБ,j}$  – общий нормированный показатель уровня безопасности экономики  $j$ -го региона;  $\alpha_{i,j}$  – вес  $i$ -го нормированного частного показателя, характеризующего региональную экономическую безопасность  $j$ -го региона;  $\beta_{i,j}$  – значение  $i$ -го нормированного частного показателя, характеризующего региональную экономическую безопасность  $j$ -го региона (региональную составляющую общего нормированного показателя уровня безопасности хозяйства  $j$ -го региона).

Каждое произведение  $\beta_i^{\alpha_i} \times \beta_{i,j}^{\alpha_{i,j}}$  представляет собой *нормированный частный показатель экономической безопасности соответствующего региона*.

При этом его общегосударственная составляющая  $\beta_i^{\alpha_i}$  характеризует безопасность национального хозяйства в целом (в среднем), а региональная составляющая  $\beta_{i,j}^{\alpha_{i,j}}$  – учитывает отклонение значения нормированного частного показателя экономической безопасности региона от общего (среднего) его значения по стране.

Диапазон значений общего нормированного показателя уровня безопасности экономики  $j$ -го региона  $Y_{ЭБ,j}$  при  $\alpha_i = \alpha_{i,j} = 1$  и  $I = 9$  находится в пределах от  $10^{-36}$  до  $10^{36}$ .

*Наименьшее возможное* значение общего нормированного показателя экономической безопасности  $j$ -го региона –  $Y_{ЭБ,j,min} = 10^{-36}$  – соответствует наименьшему уровню безопасности национального хозяйства и государства и соответствующего региона. И, наоборот, *наибольшее возможное* значение этого показателя –  $Y_{ЭБ,j,max} = 10^{36}$  – соответствует наибольшему уровню экономической безопасности и государства и региона.

*Единичное* значение общего (интегрального) нормированного показателя экономической безопасности  $j$ -го региона –  $Y_{ЭБ,j} = 1$  – соответ-

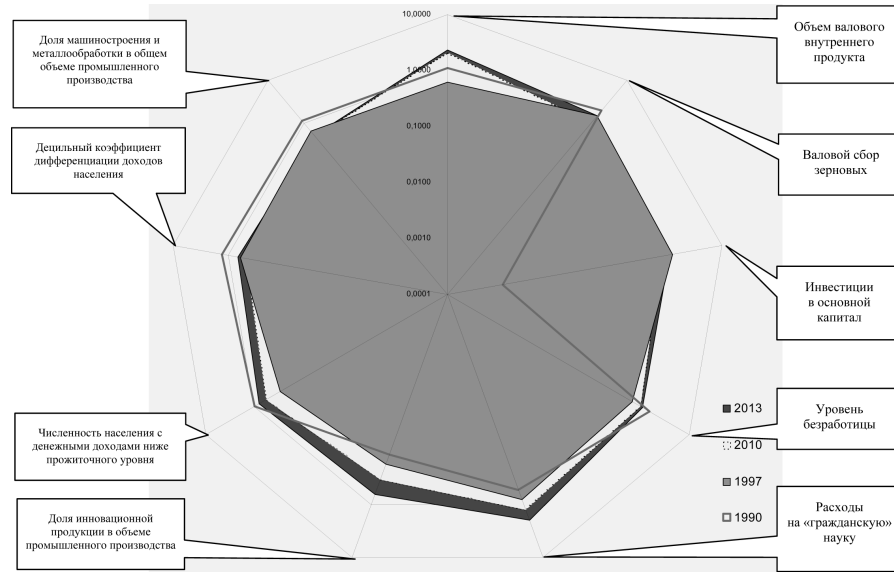


Рис. 1. Значения нормированных показателей экономической безопасности Российской Федерации

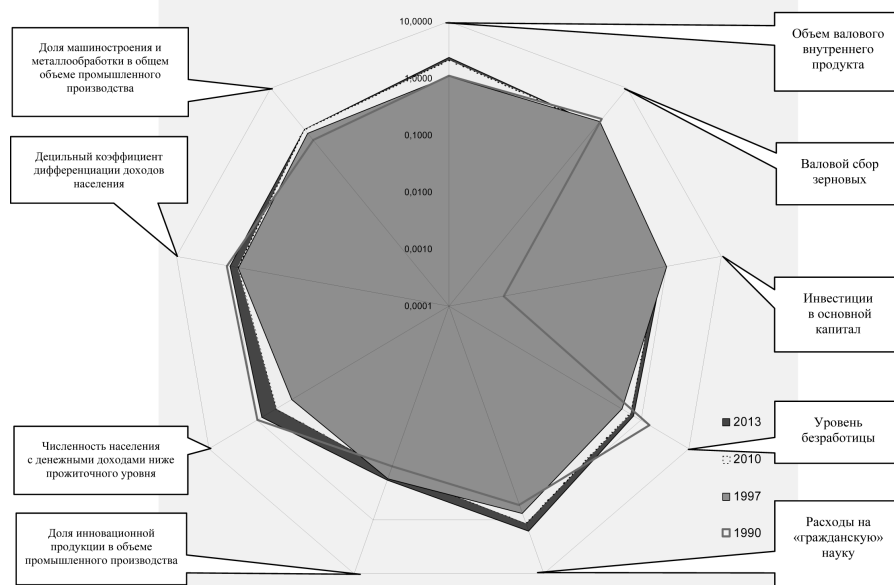


Рис. 2. Значения нормированных показателей региональной экономической безопасности Восточной Сибири

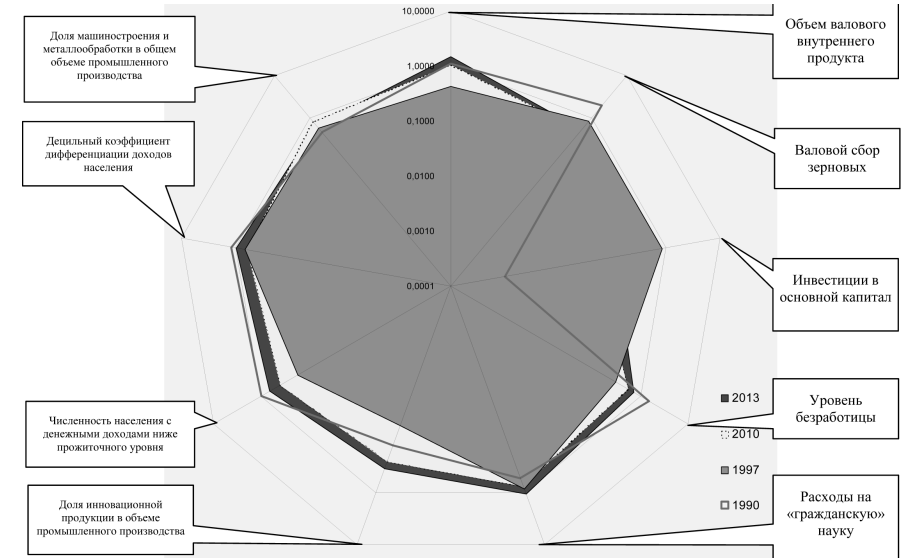


Рис. 3. Значения нормированных показателей региональной экономической безопасности Забайкалья

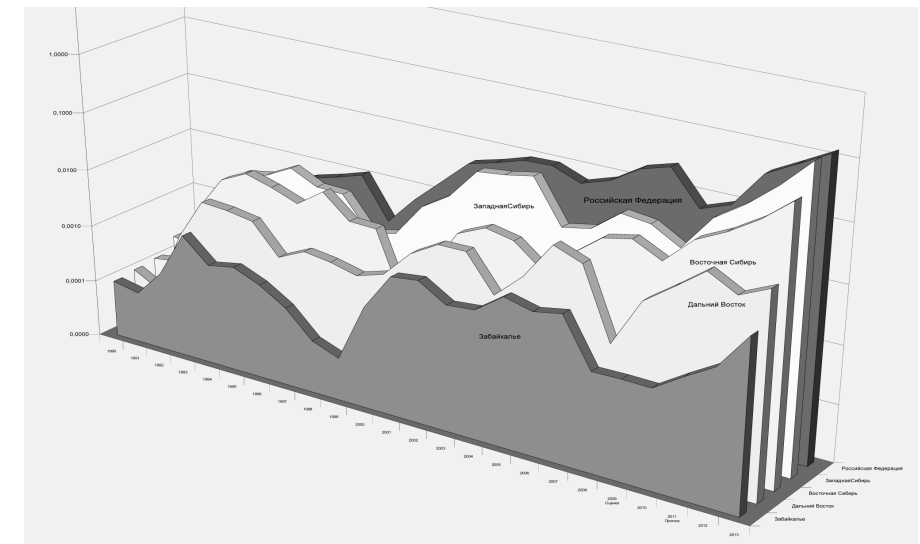


Рис. 4. Динамика изменений значений интегрированных показателей экономической безопасности Российской Федерации и региональной экономической безопасности Западной и Восточной Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока

**Таблица 1**  
**Значения нормированных показателей экономической безопасности России, Восточной Сибири и Забайкалья**

Значения нормированных показателей, характеризующих	1997	2001	2005	2007	2008	2009	Оценка			Прогноз	
							2010	2011	2012	2012	2013
Объем валового внутреннего продукта	0,62	1,07	1,74	2,01	2,27	2,04	2,12	2,12	2,21	2,31	2,31
Валовой сбор зерновых	1,48	1,42	1,30	1,36	1,97	1,63	1,04	1,33	1,42	1,50	1,50
Инвестиции в основной капитал	1,25	1,31	1,25	1,48	0,99	0,45	0,78	1,03	1,03	1,09	1,09
Уровень безработицы	0,68	0,89	1,11	1,31	1,25	0,96	1,00	1,04	1,05	1,08	1,08
Расходы на «гражданскую науку»	0,80	0,98	0,85	0,89	1,01	1,18	1,23	1,42	1,63	1,96	1,96
Долю инновационной продукции в объеме промышленного производства	0,12	0,22	0,26	0,24	0,28	0,28	0,31	0,34	0,53	0,60	0,60
Численность населения с денежными доходами ниже прожиточного уровня	0,29	0,25	0,40	0,52	0,63	0,53	0,58	0,64	0,70	0,78	0,78
Децильный коэффициент дифференциации доходов населения	0,59	0,58	0,53	0,48	0,48	0,48	0,48	0,53	0,57	0,66	0,66
Долю машиностроения и металлообработки в общем объеме промышленного производства	0,63	0,80	0,54	0,53	0,51	0,49	0,49	0,51	0,54	0,51	0,51

**Продолжение таблицы 1**

Значения нормированных показателей, характеризующих	1997	2001	2005	2007	2008	2009	Оценка			Прогноз	
							2010	2011	2012	2012	2013
<b>Значение интегрального показателя экономической безопасности Российской Федерации</b>	<b>0,008</b>	<b>0,044</b>	<b>0,079</b>	<b>0,150</b>	<b>0,241</b>	<b>0,059</b>	<b>0,089</b>	<b>0,252</b>	<b>0,632</b>	<b>1,259</b>	<b>1,259</b>
Объем валового регионального продукта	1,08	1,69	2,13	2,58	2,52	2,06	2,12	2,12	2,21	2,31	2,31
Валовой сбор зерновых	1,72	1,49	1,17	1,36	1,40	1,40	1,41	1,41	1,42	1,41	1,41
Инвестиции в основной капитал	0,98	0,81	0,74	1,04	0,80	0,41	0,69	0,75	0,80	0,84	0,84
Уровень безработицы	0,41	0,39	0,43	0,55	0,61	0,60	0,60	0,61	0,62	0,70	0,70
Внутренние текущие расходы на научные исследования и разработки	0,74	0,75	0,65	0,79	0,88	0,99	1,15	1,33	1,47	1,62	1,62
Долю инновационной продукции в объеме промышленного производства	0,09	0,01	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07
Численность населения с денежными доходами ниже прожиточного уровня	0,19	0,19	0,23	0,27	0,31	0,36	0,40	0,47	0,55	0,78	0,78
Децильный коэффициент дифференциации доходов населения	0,72	0,80	0,73	0,66	0,66	0,66	0,75	0,73	0,89	1,04	1,04
Долю машиностроения и металлообработки в общем объеме промышленного производства	0,93	0,89	1,08	1,08	1,12	1,10	1,13	1,15	1,14	1,13	1,13



Продолжение таблицы 1

Значения нормированных показателей, характеризующих	Оценка				Прогноз					
	2010	2011	2012	2013	2010	2011				
Значение интегрального показателя экономической безопасности Восточной Сибири	0,006	0,001	0,005	0,012	0,014	0,009	0,024	0,043	0,077	0,199
	0,43	0,58	0,83	0,94	1,06	0,97	1,05	1,16	1,31	1,47
	0,83	0,38	0,51	0,34	0,35	0,52	0,50	0,51	0,53	0,53
	0,83	0,86	0,65	0,55	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,11
	0,30	0,35	0,52	0,58	0,63	0,56	0,56	0,67	0,70	0,73
Забайкалье	0,86	1,05	0,74	0,71	0,68	0,71	0,74	0,85	0,98	1,05
	0,08	0,25	0,05	0,06	0,09	0,11	0,12	0,13	0,19	0,22
	0,17	0,15	0,27	0,33	0,33	0,38	0,40	0,46	0,54	0,65
	0,65	0,64	0,59	0,60	0,60	0,53	0,60	0,66	0,82	0,94
Значение интегрального показателя экономической безопасности Забайкалья	0,57	0,94	1,07	1,12	1,08	0,99	0,81	0,75	0,69	0,67
	0,0004	0,0016	0,0009	0,0010	0,0002	0,0002	0,0003	0,0006	0,0017	0,0059

стует критическому уровню безопасности национального хозяйства региона, понижение которого определяет состояние опасности для региональной экономики. Это значение соответствует общему (интегральному) условному «порогу», который, тем не менее, дает представление о некоторой границе между состоянием защищенности и состоянием незащищенности национального хозяйства данного региона от внешних и внутренних угроз.

Результаты расчетов значений общих (интегральных) показателей экономической безопасности России, Западной и Восточной Сибири, Забайкалья, Дальнего Востока в период 1997 – 2010 гг. и в перспективе до 2013 года представлены в табл. 1 и на рис. 4.

Таким образом становятся очевидными как влияние мирового финансово-экономического кризиса на уровень безопасности национального хозяйства Российской Федерации и ее восточных регионов, так и возможность повышения уровня экономической безопасности Западной и Восточной Сибири, Забайкалья, Дальнего Востока в перспективе до 2013 года в случае реализации антикризисных планов экономического роста и социально-экономического развития нашей страны.

Рыночные преобразования в России укрепили ее связь с другими государствами, с национальными хозяйствами экономически развитых и развивающихся стран, превратив отечественную экономику в органичную часть мирового хозяйства. При этом хозяйства восточных регионов имеют потенциал более глубокой интеграции с северными регионами Китая, а также регионами Японии и Республики Кореи.

Экономические итоги и прогнозы представляют интерес не просто как дань академической науке. Они важны в первую очередь для оценки текущей экономической политики и ее влияния на использование потенциала экономики страны и хозяйств отдельных регионов, обеспечение экономической безопасности государства в целом и региональной экономической безопасности.

Мировой финансово-экономический кризис значительно повлиял на возможности нашей страны по повышению уровня своей экономической безопасности и уровней безопасности хозяйств наших восточных регионов, что обуславливает необходимость принятия и реализации не только дополнительных антикризисных мер, но и мер по ускорению технологического обновления экономики России, Восточной Сибири и Забайкалья.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гордиенко Д.В. Основы экономической безопасности государства. Курс лекций. Учебно-методическое пособие. – М., 2009.
2. Гордиенко Д.В. Обеспечение экономической безопасности государства. Монография. – М., 2009.
3. Гордиенко Д.В., Баскаков В.В. Основы экономической безопасности государства. Монография. – М., 2007.
4. Гордиенко Д.В., Хохлов А.С. Военно-экономическая безопасность государства. Монография. – М., 2008.
5. Экономическая безопасность России: Общий курс: Учебник / Под ред. В.К. Сенчагова. – М., 2005.
6. Экономическая и национальная безопасность: Учебник / Под ред. Е.А. Олейникова. – М., 2004.

УДК 681.324

**ИМИТАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ КРИЗИСОВ  
ПЕРЕПРОИЗВОДСТВА**

*И.Ф. Цисарь,*  
*канд. экон. наук,*  
*Государственный университет управления, г. Москва*  
*E-mail: cisar37@mail.ru*

---

**Аннотация.** В статье показано, что компьютерная имитация помогает понять, предвидеть, предотвратить и преодолеть кризисы.

**Ключевые слова:** компьютер, имитация, экономика, кризис.

**Abstract.** Computer simulation helps to understand, to forecast, to avert and to overcome crisis.

**Keywords:** computer, simulation, economics, crisis.

---

Экономику стран и мира периодически потрясают кризисы. Кризисы перепроизводства, валютные, финансовые, банковские. Наиболее страшны кризисы перепроизводства.

Поток публикаций по кризисам посвящен уже свершившимся фактам и их толкованиям. Очередной кризис проходит, его забывают. Теряется и извращается словесная информация. В учебниках обычно дается описание характеристик и показателей циклов. Фиксируются события, подтолкнувшие к кризису, но причины кризисов остаются не раскрытыми.

Наша задача исследовать причинно-следственный механизм возникновения циклов и кризисов перепроизводства. Используем компьютерное моделирование.

Мы приведем лишь очень упрощенную модель кризиса. Искусство моделирования состоит в создании именно маленьких, но отвечающих на поставленные вопросы, моделей. Любая модель – это абстракция, огрубление реальности.

Для моделирования экономической динамики обычно используются специализированные программные системы (языки): Dynamo, AnyLogic, STELLA, iThink, Vensim, Poversim, Matlab\_Simulink и др. Это языки визуального схемного программирования. Они очень похожи друг на друга. Эти программы преподаются в вузах. Для старшего поколения

финансистов, не знакомого с этими программами, будем давать некоторые элементарные пояснения. Моделирование выполним в программе Stella/iThink.

Блок-схема имитационной модели представлена на рис. 1.

В модели две подсистемы: производство (Production) и потребление (Consumption). Жирные линии с вентилями задают финансовые или материальные регулируемые потоки. Need – потребность пользователей в парке оборудования (продукции). Deficit вычисляется как разность между потребностью в оборудовании и наличием его у потребителя в эксплуатации. Demand – поток спроса или заказов на производство продукции. Переменная Goods – это поток товаров из производства к потребителям. Leave – поток, выбывающих из эксплуатации по ветхости и износу изделий. Облака нейтральны и отражают лишь возможность связи с внешней средой.

Блок производства с его системой управления задаем в виде грубейшей модели. Производство выполняет заказ полностью, но с фиксированным сроком исполнения, задаваемым блоком временной задержки (лаг исполнения заказа).

Блок потребления, эксплуатации изделий задан стандартным блоком конвейер. Он отражает поступление изделий к покупателям в эксплуатацию. По истечении срока службы изделия выбывают из потребления.

Запустив модель получаем графики показателей развития процесса во времени (рис. 2). На горизонтальной оси указано время в годах. На вертикальной оси отображаются значения соответствующих показателей.

Мы задали единственную внешнюю (экзогенную) переменную: потребность в изделиях. Это медленно растущая прямая линия. Но мы получили колебания, циклы и кризисы по всем остальным показателям: дефициту, спросу, производству, наличию товаров в эксплуатации.

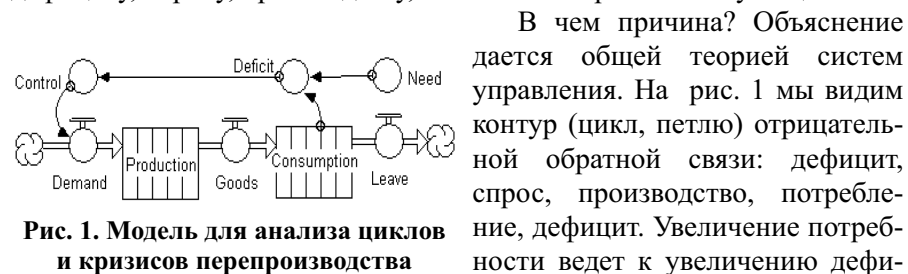


Рис. 1. Модель для анализа циклов и кризисов перепроизводства

В чем причина? Объяснение дается общей теорией систем управления. На рис. 1 мы видим контур (цикл, петлю) отрицательной обратной связи: дефицит, спрос, производство, потребление, дефицит. Увеличение потребности ведет к увеличению дефи-



Рис. 2. Графики экономической динамики потребности (1), спроса (2), производства (3) и потребления (4)

цита, спроса, производства, потребления. С запаздыванием начинается уменьшение этих показателей вплоть до прекращения производства. В математической теории систем управления доказано, что в системах с отрицательной обратной связью запаздываниями и накоплениями возможны колебания и неустойчивость. В экономике это циклы и кризисы. Таков закон нашей системы.

Основные характеристики циклов – это период и амплитуда колебаний (глубина цикла). Участники семинаров исследуют зависимость устойчивости системы от различных лагов производства. Меняют значения параметра задержки в блоке производства, запускают модель, наблюдают графики показателей. С увеличением задержки, т.е. отставания реакции производства на спрос, возрастает амплитуда и период колебаний показателей экономической системы. Снижается устойчивость системы «производство–потребление», возрастает неустойчивость, возможность кризисов.

Исследуем влияние срока службы изделий на динамику системы. Меняем значения параметра задержки (срок службы) в блоке потребления, запускаем модель, наблюдаем графики показателей. С увеличением задержки возрастает амплитуда и период колебаний показателей экономической системы, т.е. снижается ее устойчивость, возрастает неустойчивость, появляется возможность кризисов. Это характерно для отраслей, производящих товары долгосрочного пользования или длительного хранения. Для товаров разового потребления, не подлежа-

щих длительному хранению, при нулевых задержках производства, колебания не возникают. Система устойчива. Это соответствует истории экономики, когда кризисы появились с развитием крупного машинного производства.

Мы поняли причину кризисов, но как их предотвратить?

Необходимо оптимальное планирование развития производства. Попробуем добиться минимального отклонения траектории производства продукции от потребности в ней.

Результаты представлены на рис. 3.

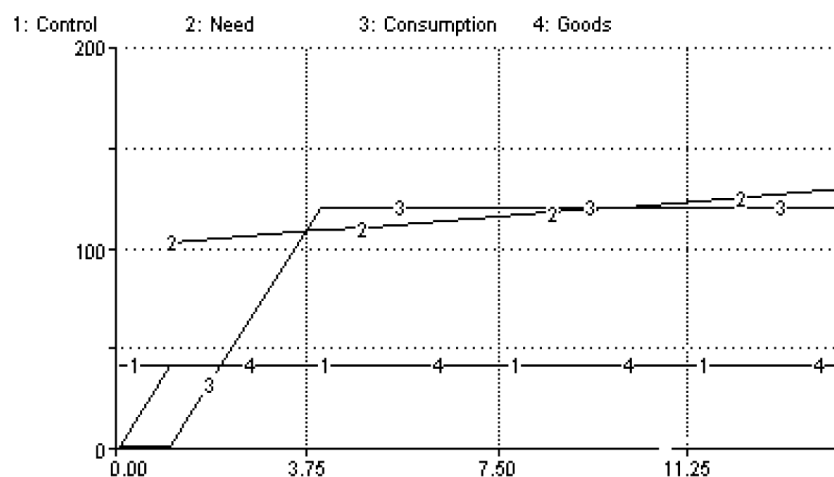


Рис. 3. Показатели оптимального плана предотвращения кризиса

Международный валютный фонд организует мониторинг предкризисных состояний, меры по предупреждению кризисов, планы выхода из уже случившихся кризисов. Некоторые азиатские тигры возмутились рекомендациями МВФ и разорвали отношения с ним.

Для предупреждения кризисов перепроизводства Китай в 2003 г. запретил новые инвестиции в бытовую технику и электронику. Евросоюз в 2006 г. не продал 10% вина. Запланировал 0,5 млрд евро на утилизацию вина. Наметил уничтожить 400 тыс. гектаров виноградников. Перепроизводство. Вино идет из Нового Света: из Чили и Аргентины. Нидерланды платят собственникам 1000 долл. за гектар необработанной земли. В начале прошлого века разразился кризис перепроизводства кофе в Бразилии. Правительство осуществляло план валоризации:

за каждый новый саженец взимался штраф. Правительство скупало запасы кофе. Но, в конце концов, пришлось сжечь 500 тыс. тонн кофе. Примеров очень много. Но это запретительные и поощрительные меры. Численными расчетами они не обоснованы.

Причина кризиса – не хватает знаний об экономических процессах и возможностях управления ими. Банкирам и инвесторам некогда думать – они делают деньги. Делают, теряют, делают, теряют... Чиновникам и отраслевым НИИ тоже некогда думать – они в сжатые сроки в приказном порядке обязаны разрабатывать прекрасные перспективные планы. Правительства и международные финансовые организации предпочитают тратить сотни миллиардов на торможение кризисов, а не на финансирование науки понимания и предотвращения кризисов. Целесообразно профинансировать разработку моделей кризисов университетам.

В статье дан лишь перспективный модельный подход к решению проблемы. Меры по преодолению кризисов можно разработать на более развитых моделях. Их надо делать коллективами. Необходимы серьезные совместные модельные исследования ЦБ РФ, банков, Минфина, Минэкономики, МВФ и университетов по мониторингу предкризисных состояний, предотвращению кризисов и выходу из них.

Экономико-математическое компьютерное оптимальное моделирование позволяет разработать план плавного перехода от дефицита к полному удовлетворению потребности без циклов и кризисов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Цисарь И.Ф., Нейман В.Г. Компьютерное моделирование экономики. – М., 2008.
2. Цисарь И.Ф. MATLAB-Simulink, Компьютерное моделирование экономики. – М., 2008.
3. Цисарь И.Ф. Моделирование экономики в iThink\_STELLA. – М., 2009.

УДК 336.531.1

## ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ ВОЕННОГО ГОСПИТАЛЯ

Д.В. Грехов,  
канд. экон. наук,  
Международный институт управления, Ярославский филиал  
E-mail: dim\_gdv@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлено моделирование управления затратами военного госпиталя на медицинское обеспечение прикрепленного контингента.

**Ключевые слова:** экономико-математическое моделирование, управление затратами, военный госпиталь, медицинское обеспечение.

**Abstract.** In article modeling of management by expenses of military hospital on medical maintenance of the attached contingent is presented.

**Keywords:** economic-mathematical modeling, management of expenses, military hospital, medical maintenance.

В настоящее время определенные трудности для органов управления вызывает процесс сбора необходимых цифровых данных, с помощью которых можно с большой степенью вероятности определить либо проанализировать какой-либо показатель. С этих позиций моделирование финансово-экономических процессов должно основываться на факторах, которые представлены в бюджетной и медицинской статистической отчетности военного госпиталя.

В условиях рыночной экономики и ограниченного бюджетного финансирования, результативным показателем должна стать ежегодная сумма затрат военного госпиталя на медицинское обеспечение прикрепленного контингента ( $y$ ).

Доступны и сгруппированы для целей экономико-математического моделирования в бюджетной и медицинской статистической отчетности военного госпиталя факторы, находящиеся в статистической зависимости от показателя ежегодной суммы затрат военного госпиталя, в частности (табл. 1):

- среднее число развернутых коек, койки ( $x_1$ );

- средняя длительность пребывания больного на койке, дни ( $x_2$ );
- объем бюджетного финансирования военного госпиталя за минусом ассигнований на оплату труда гражданского персонала, денежного довольствия военнослужащих и страховых взносов, тыс. руб. ( $x_3$ );
- объем средств, полученных за счет внебюджетных источников, тыс. руб. ( $x_4$ );
- численность прикрепленного контингента на медицинское обеспечение, чел. ( $x_5$ );
- сумма расхода нефинансовых активов военного госпиталя поступившие централизованно, тыс. руб. ( $x_6$ );
- сумма расходов на оплату труда гражданского персонала со страховыми взносами и денежного довольствия военнослужащих военного госпиталя, тыс. руб. ( $x_7$ );
- среднее время простоя койки, дни ( $x_8$ );
- оборот койки, чел. / дни ( $x_9$ );
- фактическая использованная коечная мощность, чел. / дни ( $x_{10}$ ).

При формировании системы показателей следует учитывать предъявляемые к ним требования. Прежде всего показатели должны отражать сущность соответствующей экономической категории. Далее выбранные показатели должны характеризовать изучаемую деятельность с разных сторон. Для более адекватной характеристики необходимо, чтобы все показатели анализа были однонаправлены.

Для выявления количественных связей между показателями широко используются методы многомерного статистического анализа, в частности аппарат корреляционно-регрессионного анализа.

Данный метод исследования целесообразно применить и в случае экономико-математического моделирования управления затратами военного госпиталя.

Специалисты в области социально-экономической статистики и военно-экономического анализа [3, с. 225; 1, с. 82] отмечают, что стандартное отклонение в случае малых выборок ( $n < 30$ ), отражающее вариативность исследуемых показателей, вычисляется по следующей формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

где  $S$  – среднее квадратическое отклонение в генеральной совокупности по малой выборке.

Таблица 1

Средние значения исследуемых факторов военных госпиталей

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	y
442 ОВКГ ЛенВО	1161	18,05	17676,7	12502,9	122333	121288,6	279571,8	5,17	15,72	329638	431040,1
30 ВГ ЛенВО	86	13,96	566,6	61,7	4090	2492,5	18279,0	6,66	20,21	23487	21399,9
74 ВГ ЛенВО	395	20,75	6778,3	1438,2	8953	23198,9	207069,8	9,62	12,02	98586	238485,3
140 ВГ ЛенВО	73	12,48	1805,5	1562,0	2404	13887,6	63706,4	14,09	13,89	12946	80961,5
191 ВГ ЛенВО	190	17,13	5262,7	2222,5	7266	16260,0	94189,5	5,29	17,20	51918	117934,7
257 ВГ ЛенВО	26	5,53	2411,0	1581,6	1156	6638,5	56713,9	0,92	6,29	8351	67345,0
315 ВГ ЛенВО	72	14,46	1711,9	819,7	1623	11974,0	32078,5	16,69	11,72	12294	46584,2
329 ВГ ЛенВО	107	15,63	1203,7	238,9	5386	10360,8	20347,3	7,55	15,81	26491	32150,7
444 ВГ ЛенВО	100	16,19	905,1	289,5	16019	6343,8	20167,0	5,58	17,39	26817	27705,4
445 ВГ ЛенВО	118	12,46	1563,4	1031,4	5335	10410,8	25784,8	4,74	22,04	32388	38768,5
446 ВГ ЛенВО	144	14,31	2872,3	1458,4	18957	30708,1	97895,2	9,36	15,46	31828	132934,0
447 ВГ ЛенВО	150	15,55	3005,3	1060,5	46989	14400,6	46504,9	8,41	15,61	40254	64971,4
448 ВГ ЛенВО	113	16,42	1390,9	370,1	16329	13045,7	30515,0	19,51	10,61	20395	45321,7
594 ВГ ЛенВО	90	13,91	2099,1	1074,2	10178	3943,1	32249,8	6,45	17,93	22445	42754,5
773 ВГ ЛенВО	160	14,08	3247,6	691,9	17092	14817,8	49946,8	3,04	21,38	48288	68704,1
1023 ВГ ЛенВО	101	10,56	2268,4	264,1	9389	13687,6	49350,8	11,71	16,97	17877	65570,9
1079 ВГ ЛенВО	293	16,87	3661,8	4408,2	12929	9688,7	66559,5	9,95	13,92	67327	84318,3
1165 ВГ ЛенВО	175	19,10	4743,1	426,8	18412	4011,7	49036,6	13,26	11,33	37826	75121,2
388 ВГ МВО	300	12,93	3271,3	1707,9	34468	19184,6	64589,8	11,90	15,93	61799	88753,6
401 ВГ МВО	319	15,71	10569,3	4909,7	100790	22858,7	94137,9	10,68	14,00	69469	132475,6
396 ВГ КСпН	236	17,11	1852,1	1891,1	32533	13813,2	50219,1	7,47	15,61	59195	58242,7
25 ЦВКГ РВСН	638	17,28	35137,1	78838,1	77162	129,1	171369,3	3,31	17,78	196225	285473,6
1602 ОВКГ СКВО	810	16,79	29036,4	7757,2	139520	106973,8	239878,7	6,26	16,45	231901	334571,6

В нашем случае среднее квадратическое отклонение в генеральной совокупности составляет 107372,9 (табл. 2).

Для расчета ошибок выборок небольшого объема используется специфический математический аппарат – средняя ошибка малой выборки, которая вычисляется по формуле:

$$m_x = \frac{s}{\sqrt{n-1}}, \quad (2)$$

тогда средняя ошибка для исследуемой выборки будет равна

$$m_x = \frac{107372,9}{\sqrt{2}} = \frac{107372,9}{1,4142} = 22891,9 \text{ тыс. руб.} \quad (3)$$

Следует отметить, что нет гарантии, если ошибка, которая действительно была допущена в конкретном выборочном исследовании, не превышает средней ошибки. Поэтому гораздо полезнее знать те границы, в которых находится действительная ошибка, допущенная в данной конкретной выборке. Эти границы указываются предельной ошибкой выборки, которая вычисляется по формуле:

$$\Delta = t(k)m_x \quad (4)$$

где t рассчитывается исходя из так называемого закона распределения Стьюдента с k степенями свободы (в отличие от больших выборок, где t вычисляется на основе нормального закона распределения). При вычислении предельной ошибки малой выборки значение t (k) определяем по таблице значения критерия Стьюдента с k = n – 1 степенями свободы, с учетом заданного уровня надежности и объема выборки. Задав уровень надежности P = 0,95, находим t (22) = 2,08 [1, с. 332]. Тогда предельная ошибка выборки будет равна:

$$\Delta = 2,0 \times 22891,9 = \pm 47615,3 \text{ тыс. руб.} \quad (5)$$

Задача корреляционного анализа сводится к установлению направления и формы связи между признаками, измерению ее тесноты и к оценке достоверности выборочных показателей корреляции.

Далее проводим собственно корреляционно-регрессионный анализ. Он начинается с проведения анализа исходных данных и завершается составлением и анализом корреляционной матрицы (табл. 3).

Таблица 3

Корреляционная матрица

Переменная	Корреляция (Spreadsheet4 в исходные)										
	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	y
x <sub>1</sub>	1,000000	0,464602	0,798152	0,460451	0,857660	0,841414	0,705101	-0,243662	0,082392	0,994645	0,952540
x <sub>2</sub>	0,464602	1,000000	0,335761	0,198664	0,334043	0,254664	0,431772	0,180900	0,091025	0,443147	0,420645
x <sub>3</sub>	0,798152	0,335761	1,000000	0,791474	0,798501	0,528010	0,581806	-0,302060	0,097427	0,824187	0,827197
x <sub>4</sub>	0,460451	0,198664	0,791474	1,000000	0,393607	0,007758	0,301493	-0,288497	0,135662	0,504489	0,493101
x <sub>5</sub>	0,857660	0,334043	0,798501	0,393607	1,000000	0,781074	0,586371	-0,185954	0,080710	0,849222	0,797747
x <sub>6</sub>	0,841414	0,254664	0,528010	0,007758	0,781074	1,000000	0,646069	-0,133827	0,027318	0,828560	0,812347
x <sub>7</sub>	0,705101	0,431772	0,581806	0,301493	0,586371	0,646069	1,000000	0,156473	-0,248867	0,691651	0,749670
x <sub>8</sub>	-0,243662	0,180900	-0,302060	-0,288497	-0,185954	-0,133827	0,156473	1,000000	-0,404644	-0,306831	-0,245967
x <sub>9</sub>	0,082392	0,091025	0,097427	0,135662	0,080710	0,027318	-0,248867	-0,404644	1,000000	0,117839	-0,018263
x <sub>10</sub>	0,994645	0,443147	0,824187	0,504489	0,849222	0,828560	0,691651	-0,306831	0,117839	1,000000	0,952616
y	0,952540	0,420645	0,827197	0,493101	0,797747	0,812347	0,749670	-0,245967	-0,018263	0,952616	1,000000

С помощью корреляционной матрицы в первую очередь выбираются факторы, тесно связанные с показателем суммы затрат военного госпиталя на медицинское обеспечение прикрепленного контингента. Признаком тесноты связи является выполнение условия ( $r_{yxi} \geq 0,7$ ) [2, с. 146]. Факторы, у которых коэффициент парной корреляции менее  $r_{yxi} \leq 0,5$ , из дальнейшего анализа исключаются, т.к. их изменение не приводит к существенному изменению суммы затрат военного госпиталя на медицинское обеспечение прикрепленного контингента. Расчет корреляционной матрицы проводим с применением ППП «Statistica 6.0».

В последней строке табл. 3 приведены значения коэффициентов парной корреляции, анализ значений которых показывает, что с результативным показателем имеют сильную связь факторы  $x_1, x_3, x_5, x_6, x_7, x_{10}$ .

Из табл. 4 видно, что все пары факторов корреляционной матрицы, за исключением приведенных в строках (7), (8), (11), (13) и (15), являются мультиколлениарными.

Таблица 4

**Значения коэффициента парной корреляции для исследуемых факторов**

№ п/п	Проверяемые факторы	Значение коэффициента парной корреляции
1	$x_1, x_3$	0,798
2	$x_1, x_5$	0,857
3	$x_1, x_6$	0,841
4	$x_1, x_7$	0,705
5	$x_1, x_{10}$	0,995
6	$x_3, x_5$	0,798
7	$x_3, x_6$	0,528
8	$x_3, x_7$	0,528
9	$x_3, x_{10}$	0,824
10	$x_5, x_6$	0,781
11	$x_5, x_7$	0,586
12	$x_5, x_{10}$	0,849
13	$x_6, x_7$	0,646
14	$x_6, x_{10}$	0,828
15	$x_7, x_{10}$	0,691

Исходя из вышеизложенного можно предположить, что регрессионная модель может быть однофакторной. Однако данные табл. 5 свидетельствуют о том, что построенные уравнения статистически незна-

чимы, т.к. расчетные значения критерия Фишера меньше табличных значений.

Из шести взаимозависимых факторов ( $x_1, x_3, x_5, x_6, x_7, x_{10}$ ) наиболее сильно влияют на результативный показатель исходя из экономического смысла фактор объема финансирования военного госпиталя за счет бюджетных ассигнований за минусом бюджетных ассигнований на оплату труда гражданского персонала и начислений на фонд оплаты труда ( $x_3$ ), и фактор суммы оплаты труда гражданского персонала с начислениями и денежного довольствия военнослужащих военного госпиталя ( $x_7$ ).

Таблица 5

**Варианты регрессионных моделей**

№ п/п	Анализируемый фактор	Уравнение регрессии	R	R2	F <sub>расч.</sub>	F <sub>табл.</sub>
1	$x_1$	$y = 16543,15 + 375,81 x_1$	0,952	0,903	205,62	248,31
2	$x_3$	$y = 51051,70 + 9,84 x_3$	0,827	0,684	45,51	248,31
3	$x_5$	$y = 46214,54 + 2,14 x_5$	0,797	0,636	36,76	248,31
4	$x_6$	$y = 50734,52 + 2,89 x_6$	0,812	0,659	40,75	248,31
5	$x_7$	$y = 25182,80 + 0,94 x_7$	0,749	0,562	26,95	248,31
6	$x_{10}$	$y = 26953,95 + 1,28 x_{10}$	0,952	0,907	205,97	248,31

Для того, чтобы установить количественную связь между отобранными факторами ( $x_3, x_7$ ) и суммой затрат военного госпиталя на медицинское обеспечение прикрепленного контингента ( $\bar{y}$ ), необходимо найти уравнение многофакторной линейной регрессии. В общем виде это уравнение имеет вид:

$$\bar{y}_{x_i} = a_0 + a_1 \times x_1 + a_2 \times x_3 + \dots + a_k \times x_k \text{ (тыс. руб.)}, \quad (6)$$

где  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$  – коэффициенты уравнения линейной регрессии.

Для нахождения коэффициентов линейной регрессии применяем ППП «Statistica 6.0» модуль «Множественная регрессия». Рассчитанные данные позволяют нам составить уравнение регрессии для исследуемых факторов, которое будет иметь вид:

$$\bar{y}_{x_i} = 21394,61 + 7,03 \times x_3 + 0,51 \times x_7 \quad (7)$$

Полученное уравнение регрессии позволяет определить степень достоверности средней суммы затрат военного госпиталя на медицинское обеспечение прикрепленного контингента при нулевых значениях двух факторов.

В полученном уравнении коэффициент регрессии 7,03 означает, что при увеличении объема финансирования из федерального бюджета на 1 тыс. руб. приведет к увеличению суммы затрат военного госпиталя на медицинское обеспечение прикрепленного контингента на 7,03 тыс. руб. Коэффициент регрессии 0,51 означает, что на 0,51 тыс. руб. увеличится сумма затрат военного госпиталя при росте в совокупности фондов оплаты труда гражданского персонала с начислениями и денежного довольствия военнослужащих военного госпиталя на 1,0 тыс. руб.

Обобщением коэффициента парной корреляции для случая, когда число независимых факторов, включенных в уравнение, больше одного является коэффициент множественной корреляции ( $R$ ). В нашем случае коэффициент множественной корреляции равен 0,891.

Рассчитанный коэффициент детерминации ( $R^2$ ), значение которого составляет 0,793, свидетельствует о том, что учтенные в уравнении факторные признаки, объясняют результативный на 79%.

Для проверки значимости построенной регрессионной модели применялся критерий Фишера ( $F$ ).

В нашем случае при проверке значимости регрессионного уравнения расчетное значение критерия Фишера для построенного уравнения ( $F_{\text{расч.}} = 38,35$ ) рассчитанного в ППП «Statistica 6.0», больше табличного значения ( $F_{\text{табл.}}(2,20) = 19,45$ ), поэтому уравнение регрессии принимается [1, с. 333].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Военно-экономический анализ: учебник / Под ред. С.Ф. Викулова. – М., 2001.
2. Перчун А.Т. Военно-экономический анализ в войсковой сфере деятельности: учебное пособие. – М., 1991.
3. Теория статистики: учебник / Под ред. Р.А. Шмойловой. – М., 1996.

УДК 339.138

## УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ЭМИТЕНТА ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЦЕННЫХ БУМАГ НА ПРИМЕРЕ РЫНКА ОБЛИГАЦИЙ ГОРОДСКОГО ОБЛИГАЦИОННОГО (ВНУТРЕННЕГО) ЗАЙМА ГОРОДА МОСКВЫ

*М.С. Силина,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: mari.unique.gladness@gmail.com*

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема ликвидности государственных ценных бумаг и производных от них, представлено решения данной проблемы.

**Ключевые слова:** облигации Правительства Москвы, хеджирование, фьючерсы, ликвидность, дефицит бюджета Москвы.

**Abstract.** The article deals with the problem of liquidity of government securities and their derivatives, provided the solution to this problem.

**Key words:** Moscow government bonds, hedging, futures, liquidity, the budget deficit in Moscow.

В соответствии с законом № 53 «О бюджете города Москвы на 2011 год» [1] дефицит городского бюджета составляет 146,083 млрд рублей и одним из источников его финансирования является эмиссия новых выпусков облигаций Правительства Москвы.

Механизм размещения государственных облигаций – аукцион.

Ни эмитент, ни инвесторы до начала аукциона не знают, какова будет цена отсечения аукциона. Для эмитента это означает риск привлечь в результате эмиссии облигаций меньшую сумму, чем планировалось. Для инвестора – риск купить в ходе эмиссии облигации по высокой цене, т.е., иметь низко доходное инвестирование.

Равновесие интересов субъектов рынка было бы достигнуто, если бы инвестор воспринимал покупку государственных облигаций как низкорискованное инвестирование. Тогда присутствие в его портфеле низкорисковых, но и низкорискованных финансовых инструментов воспринималось бы им, как результат диверсификации инвестиций.



Таким образом, объективно существует диалектическое противоречие: снизить риски эмитента и инвестора можно только одновременно и не нарушая их экономические интересы, которые, на первый взгляд, противоположны друг другу.

Финансовые механизмы, разрешающие противоречие, существуют.

Сегодня облигации Правительства Москвы размещаются и обращаются на специализированной Московской фондовой бирже (МФБ), а хеджировать инвестиции на этом рынке операциями с фьючерсами, базовым активом которых являются облигации Правительства Москвы, инвестор технически может только на другом рынке – FORTS – в торговой системе РТС.

Облигации Москвы являются важным индикатором процентных ставок для российского долгового рынка, поэтому фьючерсы на корзину облигаций Правительства Москвы могут служить инструментом хеджирования рисков, как самих облигаций Правительства Москвы, так и других субфедеральных, муниципальных и корпоративных облигаций.

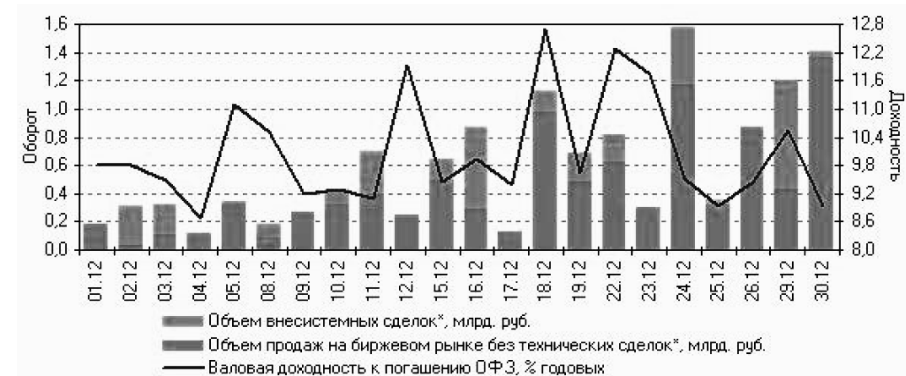
Кроме возможности снизить риски по долговым портфелям фьючерсы предоставляют участникам долгового рынка целый набор ранее недоступных операций, таких как продажи без покрытия, операции с финансовым плечом, управление дюрацией портфеля, т.е. управление средневзвешенным сроком получения всех денежных выплат по облигациям.

При этом и кассовый, и срочный рынок по облигациям Правительства Москвы низко ликвидный. Это привело к тому, что фьючерсные операции были временно прекращены в пик финансового кризиса в 2008 г.

В настоящее время торговля фьючерсами на облигации Правительства Москвы также не ведется. Но анализируя состояние фондового рынка на сегодняшний день и состояние до декабря 2008 г., нельзя не отметить, что условия для торгов фьючерсами, по ликвидности, объемам и рискам, есть.

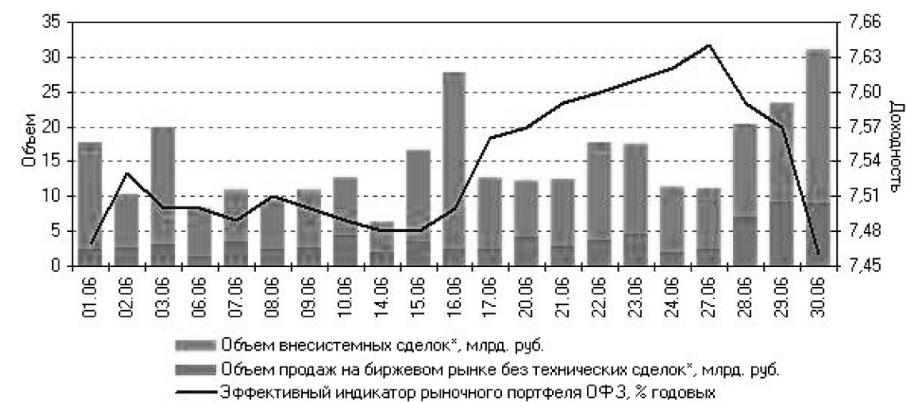
На рис. 1 и 2 показаны объемы и доходности по вторичному рынку облигаций федерального займа (ОФЗ) в декабре 2008-го и в июне 2011 г. соответственно[5].

Объемы торгов увеличились в десятки раз, доходности облигаций упали. У участников вновь появился интерес к данному инструменту. Этот интерес носит в основном спекулятивный характер. Проведение спекулятивных операций становится значительно более доступно и эффективно именно на фьючерсах, это и обеспечивает требуемую ликвидность. Интерес участников рынка к производным финансовым



\* По фактической стоимости.

Рис. 1. Основные показатели вторичного рынка ОФЗ в декабре 2008 г.



\* По фактической стоимости.

Рис. 2. Основные показатели вторичного рынка ОФЗ в июне 2011 г.

инструментам растет с каждым днем, и эта тенденция обусловлена прежде всего желанием минимизировать потенциальные риски. Таким образом, несмотря на дестабилизирующее влияние мирового финансового кризиса, все предпосылки и вся инфраструктура для возобновления торгов производными на облигации Правительства Москвы в ближайшем будущем сохраняются.

Проблема актуальна. Но, преодолевая последствия кризиса, субъекты рынка – эмитент облигаций, регулятор, ассоциации профессиональных участников рынка, не считают поиск ее решения важным приоритетом своей деятельности.

Именно поэтому даже самые очевидные решения проблемы – консолидация всех операций с облигациями Правительства Москвы на одной торговой площадке и обеспечение максимальной прозрачности рынка облигаций – не обсуждаются как аспекты практической деятельности.

Мы предлагаем начать в торговой системе РТС, которая находится в состоянии реорганизации и объединения с ММВБ, синхронные кассовые и срочные операции с облигациями Правительства Москвы, перенося спот-рынок с МФБ и частично с внебиржевого рынка в РТС, где уже организован срочный рынок FORTS.

Для повышения ликвидности этого объединенного рынка Правительство Москвы могло бы создать следующие стимулы для инвесторов:

1. Представлять под низкие проценты и под залог облигаций Правительства Москвы кредиты через Банк Москвы, который находится в состоянии объединения с ВТБ.

2. При предоставлении тендеров на выполнение капитального строительства в Москве отдавать предпочтение тем финансово-промышленным группам, которые инвестировали свои средства в облигации Правительства Москвы.

3. Синхронизировать сроки до погашения облигаций и сроки до исполнения обязательств по срочным контрактам.

4. Конкретизировать объекты недвижимости, которые выступали бы в качестве предметов залога по обязательствам Правительства Москвы.

5. Предложить в качестве базового актива по фьючерсам на облигации Правительства Москвы оптимальное для инвестора количество облигаций.

Предложенные варианты решения проблемы имеют практическую направленность и могут стать в том или ином варианте предметом обсуждения специалистами.

Поиск путей снижения дефицита бюджета Москвы никогда не прекращался.

Программа заимствований Правительства Москвы на 2011 г. была определена в размере 100 млрд рублей, из которых 53,2 млрд рублей приходится на чистые заимствования и порядка 45 млрд рублей – на рефинансирование предыдущего долга.

Мэр Москвы С. Собянин на заседании столичного правительства 12 апреля 2011 г. сообщил о том, что Правительство Москвы уменьшило затраты на выплату процентов по займам на 7 млрд руб.: «По итогам работы I квартала появилась возможность выделить из бюджета дополнительные финансовые средства. Несмотря на то, что бюджет все еще

остается дефицитным, затраты на выплату процентов удалось снизить на 7 млрд рублей» [6].

Мы предлагаем организовать совместное обращение облигаций Правительства Москвы и производных финансовых инструментов, базовым активом которых являются облигации, аналогично обращению на ММВБ с марта 2011 г. ОФЗ и фьючерсов на эти облигации (рис. 3).



Рис. 3. Организация клиринга в операциях с фьючерсами на облигации

Государство одновременно является эмитентом ценных бумаг, инвестором и регулятором рынка.

Как регулятор оно использует два метода регулирования рынка:

– прямой (административный):

- выдача лицензий профессиональным участникам;
- выдача разрешений на эмиссию бумаг эмитентов;

– косвенный (экономическое регулирование):

- налоговое регулирование;
- изменение через законодательство требований к профессиональным участникам рынка в отношении минимальной суммы уставного капитала.

Деятельность государства как эмитента и инвестора можно с некоторыми оговорками отнести к регулированию рынка, потому что государственные бумаги привлекают с рынка часть денег и тем самым

меняют макроэкономические показатели (уровень инфляции). А владение контрольным пакетом акций позволяет государству быть активным субъектом экономических отношений на финансовом рынке.

Составной частью системы управления финансовыми ресурсами города Москвы выступает формирование бюджетной политики в области управления государственным долгом.

Это определяет тесную взаимосвязь задачи управления государственным долгом с вопросами обеспечения экономической безопасности государства или региона, осуществляющего заимствования.

Вместе с тем ограничения, накладываемые действующим законодательством на объем государственного долга субъекта Российской Федерации и на платежи в счет его обслуживания, не позволяют полностью избежать долговых рисков, достоверно выявлять и прогнозировать нарастание кризисных тенденций в экономике.

Возможно, наши предложения могли бы способствовать появлению реальных проектов, которые за счет инфраструктурных изменений на российском организованном рынке ценных бумаг снижали риски эмитента, как следствие, повышали эмиссионные цены государственных облигаций и, тем самым, увеличивали приток денежных средств в бюджет города без увеличения долговых обязательств Правительства Москвы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Закон №53 от 08.12.2010 «О бюджете города Москвы на 2011 год».
2. Бюджет города Москвы на 2011 год. Приложения к Закону города Москвы от 8 декабря 2010 года № 53
3. Сайт Правительства Москвы. <http://www.mos.ru/about/budget/>
4. Сайт Московской фондовой биржи (МФБ). <http://www.mse.ru/>
5. Официальный сайт Центрального банка РФ: <http://www.cbr.ru>
6. Сайт FORTS фьючерсы и опционы. <http://www.rts.ru/ru/forts/equity/bonds/>
7. Сайт Агентства экономической информации ПРАЙМ-ТАСС. <http://www.prime-tass.ru/news/uif>
8. Силина М.С. «Управление рисками эмитента государственных ценных бумаг на примере рынка облигаций городского облигационного (внутреннего) займа города Москвы» // Под общ. ред. Ж.А. Мингалевой и С.С. Черновой. Часть 2. – Новосибирск, 2011.

УДК 338.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

*Л.С. Соколова,  
канд. экон. наук,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: [Issokolova@gmail.com](mailto:Issokolova@gmail.com)*

---

**Аннотация.** В статье рассматривается категория эффективности с социально-экономической точки зрения, приводятся основные факторы информационно-аналитического обеспечения управления эффективностью.

**Ключевые слова** эффективность, информационно-аналитическое обеспечение, управление, экономическая добавленная стоимость (EVA).

**Abstract.** In article the category of efficiency from the social and economic point of view is considered, major factors of information-analytical maintenance of management are resulted by efficiency.

**Keywords:** efficiency, information-analytical maintenance, management, (EVA).

---

В настоящее время в теоретических подходах экономистов имеются значительные расхождения в определении важнейших сторон социально-экономической категории «эффективность». Столкновение различных мировоззренческих установок в итоге дает целостное представление о системе информационно-аналитического обеспечения социально-ориентированной модели управления эффективностью.

Существующие рамки информационного обеспечения сложной иерархической модели управления эффективностью различным образом реализуются на макро- и микроуровнях. Двойственный подход, обеспечивающий многополярность оценки, представляет особую значимость при выявлении намечающихся структурных изменений.

По мнению Смирнова В.С., непременным условием успешного решения социально-экономических проблем, стоящих перед любой обществен-

ной системой, является достижение и последующее сохранение достаточно высоких устойчивых темпов экономического развития [1, с. 10].

Таким образом, ключевым моментом информационно-аналитического обеспечения является моделирование экономического развития посредством выявления проблем, оценки и последующей реализации ее наиболее эффективных форм. В литературе выделяются два подхода, реализующиеся в системе информационно-аналитического обеспечения. В первую очередь *организационно-технический* и *оптимизационный подходы* [2, с. 35]. Использование данных подходов является одной из форм управления информационно-аналитическим обеспечением бизнеса в контексте социально-экономического развития на макро-, мезо-, микроуровнях.

Непосредственно определение процессуальных составляющих аналитического обеспечения социально-ориентированной модели управления макроуровня связано с использованием качественно нового категориального аппарата.

В этой связи целесообразно определиться с основными критериями, положенными в основу социально-ориентированной модели управления.

Представленная на рис. 1 модель «четырёх Т», по нашему мнению, отражает основные критерии социально-ориентированной модели управления эффективностью.

Данная модель может быть конкретизирована с учетом факторов роста эффективности, реализующихся при ресурсосберегающих технологиях. Представленная зависимость может быть описана следующим уравнением:

$$Y = T1 + T2 + T3 + T4 \quad (1)$$

В этой линейной зависимости операционные показатели тесно интегрируются с финансовыми, инвестиционными и социальными показателями.

Раскроем каждый фактор, оказывающий влияние на группу показателей, и нашедших свое отражение в модели, описанной формулой (1).

$$(T1) = k11 + k12 + k13 + k14, \quad (2)$$

где k11 – организация производства,

k12 – нормирование труда, как фактор оптимизации трудовых затрат,

k13 – социальные процессы организации,

k14 – институциональные взаимоотношения в коллективе.

$$T2 = (k21 \times k22 + k23) \times k24, \quad (3)$$



Рис. 1. Модель «четырёх Т»

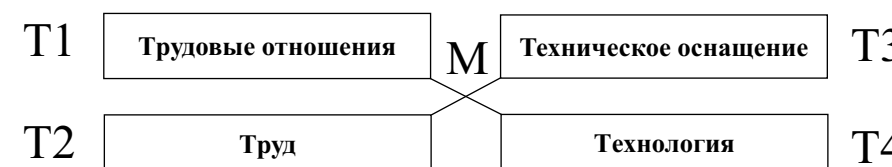


Рис. 1. Определение максимальной эффективности при взаимодействии факторов «четырёх Т»

где все составляющие формулы представляют собой интеграционную оценку механизма внутреннего и внешнего рынка труда, в том числе

K21 – экспертная оценка предпринимательской способности,

K22 – численность малых предприятий,

K23 – соотношение конъюнктуры рынка труда,

K24 – интегральный коэффициент совершенствования политики на рынке труда.

$$T3 = k31 \times k33 \times k32 \quad (4)$$

K31 – удельный вес каждого технологического элемента в структуре технического обеспечения,

K32 – наличие технических средств,

K33 – коэффициент обновления техники и оборудования.

Модель T4 в рамках ресурсосберегающих технологий может принимать различные параметры. Так, например она может быть представлена следующим уравнением:

$$T4 = k41 + k42 \times k43, \quad (5)$$

k41 – фактор ресурсосбережения,

$k_{42}$  – фактор оптимизации имеющихся технологических цепочек,  
 $k_{43}$  – технологический процесс.

Однако прежде чем применять данную систему, целесообразно определить критерии ее приемлемости для развития организации. Поскольку значительное количество показателей не позволяет оперативно принимать управленческие решения в условиях кризиса, то первоочередной задачей является реализация системы показателей, способствующих конечной оценке модели управления эффективностью. На микроуровне возможно использование показателя EVA, получившего распространение под названием «Модель добавленной экономической стоимости EVA». Показатель EVA, достаточно распространенный в рамках финансового менеджмента, определяется как разница между скорректированной величиной чистой прибыли и стоимостью использованного для ее получения инвестированного капитала компании (собственных и заемных средств):

$$EVA = NOPAT(adj) - WACC \times CE(adj),$$

где NOPAT (Net Operating Profit After Taxes) – чистая операционная прибыль после уплаты налогов, скорректированная на величину изменений эквивалентов собственного капитала;

– WACC (Weighted Average Cost of Capital) – средневзвешенная стоимость капитала;

– CE (Capital Employed) – сумма инвестированного капитала с учетом эквивалентов собственного капитала. Этот показатель представляет собой сумму всех активов, относящихся к оперативному управлению объекта оценки, за вычетом краткосрочных операционных обязательств (коммерческих кредитов, задолженностей перед бюджетом и т. п.). В этом случае объектом оценки может быть как вся компания, так и отдельные ее подразделения;

(adj) – Adjustments ( $\Delta$  Equity Equivalents) – поправка, учитывающая изменение эквивалентов собственного капитала [3].

Однако адаптация данной модели для предприятий, использующих ресурсосберегающие технологии, требует фундаментального подхода. В данную модель введем факторы социальной ориентированности предприятия при создании добавленной экономической стоимости, в этом случае уравнение примет вид:

$$d(EVA)/dt = dx/dt - dy/dt - dz/dt \quad (5)$$

$d(EVA)/dt$  – мгновенная добавленная экономическая стоимость;

$dx/dt$  – мгновенная операционная прибыль;

$dy/dt$  – сумма налога в единицу времени;

$dz/dt$  – стоимость капитала в единицу времени, при этом будем предполагать, что каждый из показателей является функцией времени.

Это математическая абстракция, но в определенных условиях она упрощает расчеты и дает более точный результат. Гораздо проще использовать не производные (предел отношения приращения функции к приращению аргумента при стремлении последнего к нулю) по времени (аргумент), а отношение приращения функции к приращению аргумента, то есть формулу мы можем переписать в следующем виде

$$\Delta(EVA)/\Delta t = \Delta x/\Delta t - \Delta y/\Delta t - \Delta z/\Delta t \quad (6)$$

За интервал времени можно принимать день, неделю и прочие отрезки времени, в зависимости от потребности. Произведем дальнейшие преобразования, в которых учтем зависимость рассматриваемых показателей в общем случае от  $a_i$  факторов (параметров), где  $i = 1, 2, \dots, n$  – количество рассматриваемых параметров.

Тогда мы будем иметь в наличии систему дифференциальных уравнений из  $n + 1$  уравнений.

$$\begin{aligned} \partial(EVA)/\partial t &= \partial x/\partial t - \partial y/\partial t - \partial z/\partial t, \\ \partial(EVA)/\partial a_1 &= \partial x/\partial a_1 - \partial y/\partial a_1 - \partial z/\partial a_1, \\ \partial(EVA)/\partial a_n &= \partial x/\partial a_n - \partial y/\partial a_n - \partial z/\partial a_n \end{aligned} \quad (7)$$

Решение дифференциального уравнения является достаточно сложной и нетривиальной задачей, поэтому достаточно часто аналитический вид решения установить невозможно и не представляет практический интерес. Обычно начальные условия дифференциальных уравнений должны выбираться в зависимости от конкретных условий деятельности организации, но используя численные методы расчетов. В условиях доступности мощных математических прикладных программных пакетов возможно осуществление численных методов расчетов.

Вероятностный подход заключается в выборе значимости показателя. Эволюционное уравнение для исследуемого времени, возможно, за счет действия оператора на некоторый показатель, что позволит восстановить изменение этого показателя с течением времени.

Квазиэволюционное уравнение связано не со временем, а с изменением некоторого параметра  $a_i$ . Рассмотрим детальнее выражение производной  $\partial(EVA)/\partial a_i$  из системы дифференциальных уравнений (7). Логично предположить, что изменение показателя EVA при изменении фактора  $a_i$  прямо пропорционально самому EVA, при этом коэффициентом пропорциональности будет выступать некоторая вероятностная

величина  $\lambda$ , значение которой можно восстановить, решив систему (7). Таким образом, мы получили дифференциальное уравнение вида

$$\partial(EVA)/\partial a_i = \lambda EVA \quad (8)$$

Разделим переменные и перейдем от частной производной к полной.

$$d(EVA)/EVA = \lambda da_i \quad (9)$$

Интегрируя выражение (9) имеем

$$\ln EVA = \lambda a_i - \ln C, \quad (10)$$

где  $C$  – некоторая константа, определяемая из начальных условий для  $EVA$ . Потенцируя выражение (10), окончательно имеем

$$EVA = C \exp(\lambda a_i) \quad (11)$$

Данный результат представляет несомненную важность, поскольку выявляет непосредственную зависимость между некоторым параметром  $a_i$  и показателем  $EVA$ .

Выделяя главные черты среди многочисленных подходов к информационно-аналитическому обеспечению социально-ориентированной модели управления, следует отметить его оценочный (результативный) характер, позволяющий сопоставлять количественное выражение осуществленных затрат с количеством суммы приращения дохода. Внутри обозначенного синтеза возможно формирование составных направлений, обусловленных взаимосвязанностью и взаимозависимостью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов В.С. Буржуазный производственный организм. Теория и методология. – М., 2003.
2. Соколова Л.С. Взаимодействие внутренних бизнес-процессов и системы коммуникативных технологий. Сборник научных тезисов конференции ИКТ. – М, 2009.
3. <http://www.intalev.ru>

УДК 004.732.0569(075.8)

## КАТЕГОРИРОВАНИЕ БАЗ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

*Г.Е. Шепитько,*  
д-р техн. наук,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: [ge2004@yandex.ru](mailto:ge2004@yandex.ru)

*Е.С. Васильев,*  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: [valmsc@list.ru](mailto:valmsc@list.ru)

---

**Аннотация.** В статье предложено для упрощения категорирования баз персональных данных формализовать процедуру оценки перечней персональных данных.

**Ключевые слова:** база персональных данных, перечень сведений, содержащих персональные данные, категорирование важности персональных данных, реквизиты персональных данных.

**Abstract.** To formalize the procedure for evaluating the lists of personal data it is proposed to simplify the categorization of personal data.

**Keywords:** personal data database, list of data that includes personal data, categorization of the importance of personal data, personal data requisites.

---

Для повышения точности категорирования объектов, содержащих коммерческую тайну, используются соответствующие перечни сведений. Однако, для категорирования важности персональных данных до сих пор не разработаны перечни сведений, содержащих персональные данные [1].

Целью данной работы является формализация процедуры определения значимости реквизитов перечня сведений в базе данных, содержащей персональные данные.

В соответствии с нормативным документом [2] предложено категорию важности персональных данных определять по двум признакам категорирования: категория значимости обрабатываемых в информационной системе персональных данных –  $X_{нд}$ ; объем обрабатываемых персональных данных (количество субъектов персональных данных,

обрабатываемых в информационной системе –  $V_{\text{нпд}} - X_{\text{нпд}}$ . Определяются следующие категории значимости обрабатываемых в информационной системе персональных данных  $X_{\text{нпд}}$ :

- категория 1 – персональные данные, касающиеся расовой, национальной принадлежности, политических взглядов, религиозных и философских убеждений, состояния здоровья, интимной жизни;
- категория 2 – персональные данные, позволяющие идентифицировать субъекта персональных данных и получить о нем дополнительную информацию (например, о его финансовых возможностях), за исключением персональных данных, относящихся к категории 1;
- категория 3 – персональные данные, позволяющие идентифицировать субъекта персональных данных (например, паспортные данные);
- категория 4 – обезличенные и (или) общедоступные персональные данные.

Значения признака объема персональных данных  $X_{\text{нпд}}$  могут принимать следующие значения:

1 – в информационной системе одновременно обрабатываются персональные данные более чем 100000 субъектов персональных данных или персональные данные субъектов персональных данных в пределах субъекта Российской Федерации или Российской Федерации в целом;

2 – в информационной системе одновременно обрабатываются персональные данные от 1000 до 100000 субъектов персональных данных или персональные данные субъектов персональных данных, работающих в отрасли экономики Российской Федерации, в органе государственной власти, проживающих в пределах муниципального образования;

3 – в информационной системе одновременно обрабатываются данные менее чем 1000 субъектов персональных данных или персональные данные субъектов персональных данных в пределах конкретной организации.

С учетом интересов мелких предпринимателей может быть предложена дополнительная категория:

4 – в информационной системе одновременно обрабатываются данные менее чем 10 субъектов персональных данных или персональные данные субъектов персональных данных в пределах предприятия, связанного с микро бизнесом [1].

Тогда можно записать зависимость значения категории объема ПДн  $X_{\text{нпд}}$  от их объема  $V_{\text{нпд}}$  в следующем виде:

$$X_{\text{нпд}} = 3,5 - 0,217 \times \ln V_{\text{нпд}} \quad (3.1)$$

Для формирования третьего признака категорирования – количе-

ственной оценки номера категории персональных данных в одной записи базы персональных данных предлагается следующая модель оценки.

На основе полного перечня всех реквизитов персональных данных объекта информатизации формируются пять перечней, каждый из которых представляет совокупность рубрикаторов в составе из нескольких реквизитов. Далее, для каждого рубрикатора находятся оценки вкладов его по стоимости упомянутым перечням и искомую стоимость, значение которой позволяет оценить категорию персональных данных.

Первый перечень включает *базовые* персональные данные, совокупность рубрикаторов которых позволяет оценить вероятность идентификации субъекта по следующей формуле

$$P_{\text{ид}}(q) = 1 - \exp - a \times q^2, \quad (1)$$

где  $q$  – относительная стоимость получения информации о рубрикаторе базовых персональных данных, например,  $q = 1$  для рубрикатора из одного реквизита фамилия;

$a$  – постоянный коэффициент нормировки.

Второй перечень включает общедоступные персональные данные, совокупность рубрикаторов которых позволяет оценить затраты на их приобретение, например,  $q = 10$  для рубрикатора из восьми реквизитов: *фамилия, имя, отчество, пол, возраст, почтовый адрес*.

Третий перечень включает персональные данные *ограниченного доступа*, совокупность рубрикаторов которых позволяет оценить последствия их опубликования, например,  $q = 100$  для рубрикатора *Родственники* из восьми реквизитов: *степень родства, фамилия, имя, отчество, пол, возраст, должность и место работы*.

Четвертый перечень включает *ликвидные* персональные данные, совокупность рубрикаторов которых позволяет оценить размер выгоды нарушителей после их получения ими, например,  $q = 1000$  для рубрикатора *Зарплата ведомость* из десяти реквизитов: *номер, фамилия, имя, отчество, месяц, год, сумма, должность, подразделение и предприятие*.

Пятый перечень включает *специальные* персональные данные, совокупность рубрикаторов которых позволяет оценить размер морального ущерба субъекту нарушителями после получения ими данных, например,  $q = 3000$  для рубрикатора *Диспансер* из девяти реквизитов: *номер, фамилия, имя, отчество, месяц, год, код и год заразного заболевания, наименование диспансера*.

Стоимость одной записи базы персональных данных оценивается по формуле

$$\Pi_c = \sum_{k=2}^5 q_k \times P_{ид}(q_k). \quad (2)$$

Тогда может быть определена количественно категория значимости персональных данных для одного субъекта учета

$$K_{пл} = 0,55 - 0,44 \times \ln \Pi_c. \quad (3)$$

Предложенную модель оценки категории значимости персональных данных предполагается использовать для обезличивания следующих баз персональных данных: *Бухгалтерия, Кадры, Регистратура*.

Таким образом, в работе для повышения точности оценки категории баз персональных данных предложено включить третий признак классификации в виде формализованной оценки всего перечня персональных данных, обрабатываемых оператором.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шепитько Г.Е. Экономика защиты информации: Учебное пособие. – М., 2011.
2. Об утверждении порядка проведения классификации информационных систем персональных данных. Приказ Федеральной службы по техническому и экспортному контролю России, Федеральной службы безопасности РФ, Министерства информационных технологий и связи РФ от 13.02.2008 г. №55/86/20.

---

# МЕТОДОЛОГИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

---



УДК 002:372.8

## О СПЕЦКУРСАХ ДЛЯ СТУДЕНТОВ – БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

*В.В. Арутюнов,  
д-р техн. наук,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: warut698@yandex.ru*

**Аннотация.** В статье проанализирована важность преподавания студентам вузов специальных курсов по ряду направлений, отражающих реалии современного информационного общества; приводится краткое содержание ряда таких дисциплин в области защиты информации.

**Ключевые слова:** угроза информации, защита информации, информационная безопасность, аудит, информационные войны, биометрические системы, информационное оружие.

**Abstract.** This article analyzes the importance of teaching students of special disciplines in a number of areas that reflect the realities of the modern information society; there is a brief summary of the number of such courses in the field of data security.

**Keywords:** information threat, data security, information security, information warfare, biometric systems, information weapon.

В современном обществе информация является важнейшим стратегическим ресурсом деятельности человечества, следовательно, как и любой другой стратегический ресурс, нуждается в специальной защите, в том числе в обеспечении ее целостности, конфиденциальности, аутентичности и доступности.

В настоящее время специалисты в области компьютерной безопасности становятся все более востребованными в различных сферах экономики России. При этом даже новые государственные образовательные стандарты, необходимые для подготовки студентов – будущих обладателей квалификации «специалист по защите информации», не всегда успевают за реалиями настоящего времени, когда возникают и развиваются новые технологии, например, в области квантовой криптографии, компьютерной стеганографии, биометрических систем защиты

информации и ряда других направлений информационной безопасности (ИБ). Своего решения ждут и ряд фундаментальных проблем теории компьютерной безопасности, включая разработку теоретических основ построения систем автоматизации анализа протоколов безопасности, формальных языков описания политик безопасности, моделей оценки ценности информации и некоторые другие.

В этих условиях некоторые вузы Москвы начали на факультативной основе преподавание ряда специальных курсов по актуальным направлениям ИБ и защиты информации. В их числе – Институт информационных наук и технологий безопасности Российского государственного гуманитарного университета (РГГУ), где в течение последних лет студентам 4-х и 5-х курсов преподаются такие спецкурсы, как «Аудит информационной безопасности», «Информационные войны и особенности информационного оружия», «Методы реакции на инциденты информационной безопасности», «Основы современных коммуникаций» и ряд других (только на факультете защиты информации института – более 10 спецкурсов).

В последнее десятилетие вопросы аудита информационной безопасности различных автоматизированных систем, а также развитие аудита в финансовой области экономики начали привлекать все большее внимание специалистов, имеющих отношение к этой сфере деятельности. Этому способствовали в том числе неуклонный рост числа компьютерных преступлений в России и в мире (например, по данным ФСБ России в 2005–2006 гг. было зафиксировано более 2 млн случаев компьютерного нападения только на защищаемые ФСБ ресурсы органов государственной власти, в том числе отмечалось свыше 300 тыс. атак на интернет-представительство Президента Российской Федерации).

Другой пример: «цифровую» крепость Пентагона, насчитывавшую в 2010 г. около 15 тыс. компьютерных сетей и более 7 млн компьютеров, регулярно пробуют «на зуб» более 100 спецслужб и разведывательных организаций различных стран мира.

Рассматривая проблемы аудита, следует отметить в последнее время повышение внимания в России государственных органов к этому направлению деятельности, о чем однозначно свидетельствует, в частности, и начало работы в 2007 г. нового факультета МГУ – Высшей школы аудита – первой в стране образовательной структуры для подготовки профессиональных кадров в сфере государственного аудита, необходимых для обеспечения действенного функционирования систе-

мы государственных органов контроля федерального и регионального уровня.

Рассмотрим содержание ряда спецкурсов, преподаваемых в Институте информационных наук и технологий безопасности РГГУ.

Спецкурс «Аудит информационной безопасности» включает несколько разделов. В первом из них рассматриваются: современные основные понятия и определения в этой сфере, виды и направления аудита; классификация угроз информационной безопасности с учетом источника угрозы, объекта угрозы, а также вида и характера угрозы; этапность работ при осуществлении аудита. Приводится обзор различных методик, используемых для оценки рисков; анализируются возможности различного зарубежного и национального программного инструментария для анализа ИБ информационных систем (ИС) – от CRAMM и COBRA до XSpider и ПО «АванГард».

Правовым аспектам аудита ИБ посвящен следующий раздел курса, где рассматриваются международные стандарты и руководства в сфере аудита информационной безопасности, серия стандартов 27000 на системы управления информационной безопасностью, а также национальные стандарты и руководства по аудиту информационной безопасности. Одна из тем курса посвящена влиянию законодательных и нормативных актов на развитие аудита информационной безопасности. В заключительной теме курса рассматриваются особенности комплексного аудита информационной безопасности и финансовой деятельности организации, а также оценка результатов аудита.

История человеческой цивилизации как история войн – от аграрных до современных информационных – рассматривается в спецкурсе «Информационные войны и особенности информационного оружия». Отмечаются основные группы современных информационно-технических опасностей, обусловленные достижениями научно-технического прогресса.

Содержание информационной войны зависит от множества факторов, которые оказывают на него значительное влияние. К ним следует отнести в первую очередь политический, экономический, духовный, военный и информационный факторы.

В курсе анализируются основные категории теории информационной войны, методы и приемы ее ведения, основные подходы различных стран мира к ведению войны, система обеспечения психологической безопасности человека в условиях информационной войны.

В области формирования сил и средств информационной войны выделяются следующие закономерности:

- обусловленность масштабов и направленности этого строительства характером военно-политической и экономической обстановок, а также целями военной политики государства, общественных и экономических структур, участвующих в информационной войне;

- соответствие содержания и масштабов строительства характеру и особенностям общественного и государственного устройства;

- зависимость масштабов и качества строительства от материальных и духовных возможностей государства, других общественных и экономических структур.

При рассмотрении информационного оружия проводится его структурирование на шесть базовых классов, анализируются базовые способы его применения, основные поражающие факторы и особенности современного психофизического оружия.

В завершающем разделе курса «Мировые информационные сети и информационное оружие» рассматриваются наиболее активно используемые в мире и России поисковые системы, самые опасные домены и сайты различных государств; анализируются современные угрозы российскому бизнесу в сети Интернет, методы и средства противодействия этим угрозам.

В заключение следует отметить, что при активном посещении и изучении студентами в течение ряда семестров спецкурсов на факультативной основе эти курсы переводятся в разряд обязательных. В РГГУ в число последних вошли некоторые из вышеуказанных курсов, в том числе спецкурс «Биометрические системы защиты информации», в котором рассматриваются десять их разновидностей (функционирующих и разрабатываемых), базовые угрозы таким системам, а также методы и средства противодействия их воздействию.

УДК. 004.

## ИНТЕРНЕТ – ПОМОЩНИК ПРЕПОДАВАТЕЛЯ В БОРЬБЕ С ПЛАГИАТОМ

*И.И. Медведев,  
канд. техн. наук,  
Воронежский институт МВД России  
E-mail: medigor@yandex.ru*

**Аннотация.** В статье раскрывается практический опыт использования современных информационных технологий в борьбе с плагиатом в письменных работах учащихся.

**Ключевые слова:** информатика, информация, плагиат, антиплагиат, Интернет, реферат, письменная работа.

**Abstract.** This article presents the practical experience of use of modern information technologies in the fight against plagiarism in students written works.

**Keywords:** informatics, information, plagiarism, antiplagiarism, Internet, abstract, a written work.

Бурное развитие информатики во второй половине XX века привело к созданию персонального компьютера (ПК) и глобальной информационной сети Интернет, что открыло для человечества доступ к воистину безграничным информационным ресурсам. Однако, кроме ряда положительных моментов, это привело и к ряду негативных, причем в различных сферах человеческой деятельности, например образовательной.

Известно, что учебный процесс предполагает написание учащимися различных письменных работ (контрольных, рефератов, курсовых, дипломных). Эти работы учащиеся должны писать самостоятельно, опираясь на изученный по данной тематике материал. В этом случае за время обучения создаются предпосылки того, что учащиеся научатся письменно излагать свои мысли и взгляды по соответствующим проблемным вопросам.

Однако, не секрет, что в настоящее время многие учащиеся не желают утруждать себя изучением и исследованием поставленных перед ними вопросов и обращаются за помощью либо к Интернету, пытаются найти там уже готовую работу по своей тематике, либо покупают работы у лиц, специализирующихся на подготовке и продаже различных

письменных работ. Примечательно, что последние сами часто берут работы из Интернета и представляют их покупателю как результаты собственных трудов.

В обоих случаях результат один и тот же – учащийся сдает преподавателю на проверку не свою работу, написанную им самостоятельно, а чужую, выдавая ее за свою, что и является плагиатом. Причем, достаточно часто учащийся даже не читает тот текст, который сдает, а просто делает свой титульный лист и сдает работу.

Конечно же, такой подход к выполнению письменных работ не допустим, и с этим необходимо бороться. И здесь на помощь преподавателю приходят современные информационные технологии. Уже несколько лет в Интернете существует отечественный сайт Антиплагиат (<http://www.antiplagiat.ru>), который позволяет преподавателю проверить сданную ему работу на плагиат. Поскольку на сайт необходимо отсылать информацию в электронном виде, то учащиеся должны предоставлять преподавателю не только распечатку работы, но и ее электронную версию.

Преподавателю необходимо зарегистрироваться на сайте, следуя указанным предписаниям, и после этого сайт предоставляет свои возможности. Проверка на сайте производится достаточно быстро, практически в реальном режиме времени. Лишь иногда, при большой загруженности сайта, приходится ждать несколько минут. В течение одного сеанса подключения к сайту можно проверить и не одну, а несколько работ.

В результате анализа сайт выдает информацию о произведенной проверке в виде таблицы. На рис. 1 представлен фрагмент реальных результатов проверки рефератов, отосланных на сайт автором.

Как видно из рис. 1, в таблице указывается название работы, размер текста, процент авторского вклада в текст работы, указанный в виде оценки в процентах. Кроме этого, в последней колонке содержится отчет, в котором указывается, из каких источников был заимствован материал, подпадающий под понятие плагиата. Преподаватель по процентному показателю делает вывод об авторском вкладе учащегося в представленную письменную работу. Так, например, рефераты, находящиеся на первых четырех позициях, несомненно, являются плагиатом. Причем, во второй, третьей и четвертой работах (соответственно 3, 0 и 2%) авторские вклады учащихся состоят лишь в изменении титульного листа. А вот пятая по списку работа (95%) написана учащимся самостоятельно (возможное несовершенство поиска и анализа системы Антиплагиат в этой работе не обсуждается).

Документ	Атрибуты	Показать все		
<input checked="" type="checkbox"/> Компьютерные вирусы и средства борьбы с ними	Размер текста: 31,76 Кб [...]		37%	
<input checked="" type="checkbox"/> История создания ПК	Размер текста: 15,32 Кб [...]		3%	
<input checked="" type="checkbox"/> Топологии локальных компьютерных сетей	Размер текста: 22,97 Кб [...]		0%	
<input checked="" type="checkbox"/> Текстовый процессор Word	Размер текста: 18,11 Кб [...]		2%	
<input checked="" type="checkbox"/> Электронные таблицы Excel	Размер текста: 30,05 Кб [...]		95%	
<input checked="" type="checkbox"/> Отечественные текстовые редакторы	Размер текста: 31,1 Кб [...]		33%	
<input checked="" type="checkbox"/> Поиск системы и технологии поиска информации в Интернете	Размер текста: 25,65 Кб [...]		61%	
<input checked="" type="checkbox"/> Геоинформационные системы	Размер текста: 22,08 Кб [...]		81%	
<input checked="" type="checkbox"/> СУБД Access	Размер текста: 27,09 Кб [...]		15%	
<input checked="" type="checkbox"/> Создание презентаций в Power Point 2	Размер текста: 26,34 Кб [...]		94%	
<input checked="" type="checkbox"/> Использование математических методов в деятельности ОВД	Размер текста: 39,71 Кб [...]		90%	
<input checked="" type="checkbox"/> Системы счисления древнего мира 2	Размер текста: 33,36 Кб [...]		56%	
<input checked="" type="checkbox"/> Математ. моделиров. на ПК	Размер текста: 16,91 Кб [...]		81%	
<input checked="" type="checkbox"/> Электронные таблицы Excel 2	Размер текста: 30,05 Кб [...]		95%	
<input checked="" type="checkbox"/> Характеристика аппаратных средств компьютерных сетей	Размер текста: 126,05 Кб [...]		74%	

Рис. 1. Фрагмент реальных результатов проверки рефератов, отосланных на сайт antiplagiat.ru

Преподаватель может установить необходимый (с его точки зрения) рубеж процента авторского вклада в текст, ниже которого работа будет признаваться плагиатом и сразу же возвращаться на доработку. Если процентный показатель выше установленного рубежа, то работа далее проверяется преподавателем обычным способом.

Работая преподавателем Брянского филиала Московского университета МВД России и проверяя рефераты курсантов первого курса, автор этих строк субъективно устанавливал рубеж 60%. Проверка на плагиат выполнялась в двух учебных взводах общей численностью 65 человек. Интересно отметить, что курсанты предупреждались преподавателем еще во время получения тем рефератов о том, что их рефераты будут проверены на плагиат. Им сообщался также процентный рубеж, и даже указывался адрес сайта в Интернете, и давалась необходимая информация о том, что на сайте можно самостоятельно проверить свою работу на плагиат.

Тем не менее проверка показала, что из 65 представленных рефератов 29 являются плагиатом. Эти работы были возвращены курсантам на доработку. Повторная проверка на плагиат (после доработки) показала, что из этих 29 рефератов 15 рефератов опять являются плагиатом. Причем в одном случае курсант вообще не производил никакой доработки текста, просто сдал еще раз старый реферат, а в нескольких случаях курсанты представили новые рефераты, также скачанные из Интернета. И даже после третьей проверки было зарегистрировано 3 рефера-

та с плагиатом. Полученные результаты проведенного исследования представлены на рис. 2 в виде столбиковых гистограмм, что позволяет сделать выводы о процентном соотношении рефератов с плагиатом и авторским текстом менее 60%.

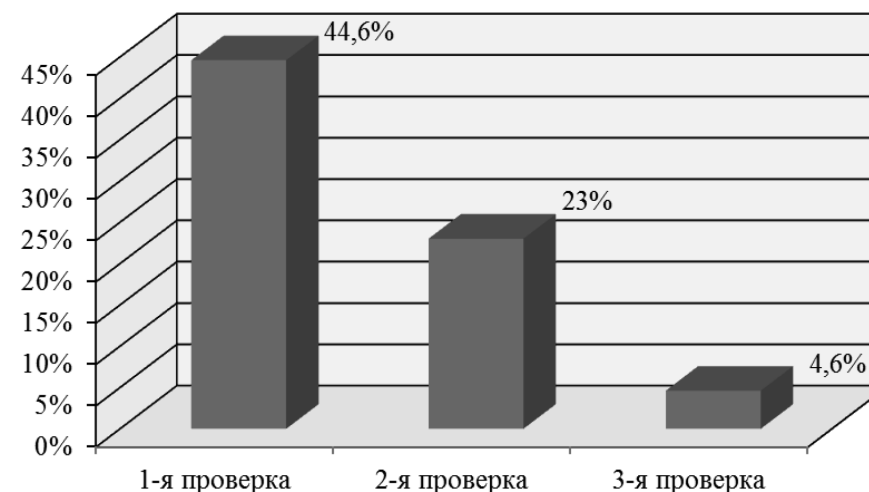


Рис. 2. Доля рефератов с авторским текстом менее 60%

Если бы не помощь сайта Антиплагиат, то выяснить, что часть представленных на проверку рефератов являются плагиатом, было бы невозможно.

Однако не стоит думать, что если работа получила высокую оценку на сайте, то преподавателю ее можно сразу зачесть, как выполненную работу. Проверка работы преподавателем должна быть выполнена обязательно. Следует иметь в виду, что существуют программы, созданные специально для противодействия проверке на плагиат. Эти программы заменяют в тексте слова их синонимами, в результате чего получившийся текст отличается от исходного. И тогда при проверке на плагиат на сайте работа получает высокую оценку в процентном выражении. Но сама работа при этом представляет собой «абракадабру» без всякого логического смысла в каждом ее предложении.

Таким образом, можно сделать вывод, что современные информационные технологии являются большим подспорьем для преподавателя, но все же последнее решающее слово остается за человеком.

УДК 004.732.0569(075.8)

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Г.Е. Шепитько,  
д-р техн. наук,  
Московский финансово-юридический университет МФЮА  
E-mail: ge2004@yandex.ru

**Аннотация.** В статье обсуждается взаимосвязь основных понятий методологии защиты объектов информатизации.

**Ключевые слова:** эшелонированная оборона, барьеры защиты, рубежи защиты, механизмы защиты, уровни обеспечения безопасности, мероприятия по защите, силы и средства защиты, объекты информатизации, нарушитель.

**Abstract.** Interrelation of basic concepts of objects protection methodology is being discussed.

**Keywords:** multi-layered defense, defense barriers, defense lines, defense mechanism, levels of security, defense measures, security facilities and forces, information objects, intruders.

Применяемая с давних пор военная стратегия обороны предполагает заблаговременное рациональное распределение сил и средств во времени и в пространстве в виде совокупности эшелонов, в состав каждого из которых входит несколько рубежей обороны. Однако в области физической безопасности хозяйственных (не режимных) объектов требования к рубежам защиты обосновываются чаще всего эмпирическим путем [1].

Точками входа внешних нарушителей являются участки периметра территории объекта, точкой прихода – место сосредоточенного расположения материальных ценностей на территории объекта. На пути проникновения нарушителей установлен барьер физической защиты в виде последовательно расположенных в пространстве нескольких рубежей защиты, которые контролируют следующие зоны: периметр территории объекта, периметр здания, периметр помещения, отдельные предметы в охраняемом помещении.

Тогда можно записать выражение для вероятности успешного посягательства на объект к-й категории важности нарушителя j-й категории

подготовленности при одном i-м рубеже защиты

$$P_{униjk} = P_{по} (1 - P_{зijk}), \quad (1)$$

где  $P_{по}$  – вероятность попыток проникновения нарушителей на объекты;

$$P_{по} = 1 - \exp(-\lambda \times D_{jk} T) \quad (2)$$

$\lambda$  – интенсивность потока попыток проникновения нарушителей;

$T = 1$  год;

$D_{jk}$  – доля попыток проникновения нарушителей j-й категории на объект k-й категории;

$P_{зijk}$  – вероятность защиты i-м рубежом защиты от нарушителя j-й категории на объект k-й категории;

$$P_{зijk} = P_{оби} \times P_{нобijk} \times P_{вмик} \times P_{борик} \times P_{гзик}; \quad (3)$$

$P_{оби}$  – вероятность обнаружения техническим средством (охранным извещателем) i-го рубежа защиты неподготовленного нарушителя в стандартных условиях;

$$P_{нобijk} = 1 - P_{обijk} \quad (4)$$

$P_{нобijk}$  и  $P_{обijk}$  – вероятность неопределенности и обхода, соответственно, нарушителем j-й категории работоспособного i-го рубежа защиты на объекте k-й категории;

$P_{вмик}$  – вероятность выполнения персоналом i-го рубежа защиты мероприятия по защите на объекте k-й категории;

$P_{борик}$  – вероятность безотказной работы технических средств в составе i-го рубежа защиты на объекте k-й категории;

$P_{гзик}$  – вероятность своевременного получения сигнала тревоги о проникновении через i-й рубеж защиты, принятии решения и прибытия группы задержания на объект k-й категории [1].

В соответствии с выражением (3) вероятность защиты объекта зависит от средних значений пяти параметров, которые характеризуют:

$P_{оби}$  – обнаружительную способность охранного извещателя;

$P_{обijk}$  – квалификацию нарушителя;

$P_{вмик}$  – дисциплинированность персонала объекта;

$P_{борик}$  – функциональную готовность технических средств;

$P_{гзик}$  – функциональную готовность службы охраны нейтрализовать нарушителя. Три последних параметра характеризуют уровень обеспечения безопасности рубежом защиты.

Поэтому вероятность защиты оказывается меньше вероятности обнаружения даже неподготовленного нарушителя. Например, при  $P_{оби} = 0,9$ ;  $P_{нобijk} = 1$ ;  $P_{вмик} = 0,97$ ;  $P_{борик} = 0,97$ ;  $P_{гзик} = 0,95$  получим  $P_{зijk} = 0,8$ .

При посягательстве подготовленных нарушителей дополнительно увеличивается условная вероятность их пропуска системой защиты объекта

$$P_{\text{пр } ijk} = 1 - P_{z \text{ } ijk} \times P_{\text{нобх}} \quad (5)$$

Еще большее увеличение вероятности пропуска следует ожидать в случаях проникновения внутреннего нарушителя, который может выбрать точку входа существенно ближе к месту хранения материальных ценностей, например, периметр помещения.

Объекты информатизации характеризуются большим разнообразием нарушителей, которые специализируются по их подготовке в различных областях деятельности. Поэтому для защиты от них приходится использовать несколько барьеров защиты.

Предположим, что система защиты включает 4 барьера защиты (организационно-правовой, физической, программно-аппаратной и технической разведки), каждый из которых может содержать несколько рубежей защиты.

На территории объекта информатизации, содержащего коммерческую тайну, наблюдается поток внешних и внутренних нарушителей. Нарушителей будем классифицировать по уровню значимости их возможностей и размеру наносимого ущерба. Выделяется четыре уровня этих возможностей. Первый уровень определяет самый низкий уровень возможностей случайного нарушителя (СН), второй – подготовленного нарушителя (ПН), третий – квалифицированного нарушителя (КВ), четвертый – высоко квалифицированного нарушителя (ВК). Модель нарушителя содержит следующее вербальное описание этих категорий значимости нарушителей:

СН – пользователь персональных компьютеров, который из-за халатности или погрешностей в работе может совершать непреднамеренные случайные нарушения и способствовать преднамеренным нарушениям других нарушителей, имеющих юридическую подготовку. Он способен совершить обход барьера организационно-правовой защиты путем не выполнения предписаний и мероприятий. Вклад таких нарушений – наиболее преобладающий, но размер ущерба – ниже среднего уровня;

ПН – внешние расхитители и пользователи персональных компьютеров, которые имеют склонность к совершению с умыслом в удобных случаях хищений носителей информации или копирования информации. Способны совершить обход барьера физической защиты благодаря криминальному опыту и технической подготовке. Вклад таких нарушений не превышает 20%, размер ущерба – на среднем уровне;

КВ – квалифицированный специалист по программному обеспечению, умеющий создавать и запускать собственные программы по мотивам мести или корысти. Будучи программистом способен совершить обход барьера программно-аппаратной защиты в части программной защиты. Вклад таких нарушений не превышает единиц процентов, но размер ущерба – выше среднего уровня;

ВК – высоко квалифицированный специалист по вычислительной и специальной технике, который способен включать дополнительно собственные технические средства с новыми функциями по обработке информации и съему информации по техническим каналам утечки, включая ПЭМИН. Будучи специалистом в области микроэлектроники и имея определенные знания криптографии, руководствуясь корыстными мотивами, способен совершить обход барьера аппаратно-программной защиты и барьера защиты от технической разведки. Вклад таких нарушений не превышает одного процента, но размер ущерба – значительный [2].

Анализ применяемых средств и мероприятий по защите позволяет сформулировать возможность использования 4-рубежной защиты в каждом из 4-х барьеров защиты.

Барьер организационно-правовой защиты имеет в составе три подсистемы (правовой, организационной и морально-этической защиты), которые реализуют 4 рубежа защиты: международной правовой, национальной правовой, отраслевой организационно-правовой и организационной защиты на уровне предприятия. Фактически реализуется обычно только последний рубеж, наличие которого позволяет снизить на порядок количество компьютерных нарушений по вине внутренних случайных нарушителей.

Барьер физической защиты имеет в составе три подсистемы (охранно-пожарной, контроля и управления физическим доступом и видео контроля), которые реализуют 4 рубежа защиты: периметра территории объекта, периметра здания, периметра помещения и поверхности корпусов средств вычислительной техники. В зависимости от категории важности объекта фактически реализуется для защиты от внешних подготовленных нарушителей до 3-х рубежей, для внутренних подготовленных нарушителей – до 2-х рубежей защиты. Это позволяет уменьшить в десятки раз количество краж и хищений.

Барьер программно-аппаратной защиты имеет в составе три подсистемы (программной, аппаратной и программно-аппаратной защиты), которые реализуют 4 рубежа защиты: идентификации и аутентифика-

ции, разграничения доступа, экранирования и шифрования. В зависимости от категории важности объекта фактически реализуется (из-за отсутствия функций сигнализации и нейтрализации) для защиты от квалифицированных нарушителей до 2-х рубежей защиты. Это позволяет уменьшить в несколько раз количество компьютерных инцидентов.

Барьер защиты от технической разведки реализует 4 рубежа защиты: ослабления сигналов и полей, маскировки, обнаружения и нейтрализации специальных технических средств съема информации, шифрования (кодирования) сигналов. Этот барьер в основном используется для защиты объектов 1-й категории важности от посягательств высококвалифицированных нарушителей.

Таким образом, в работе показана возможность расщепления траекторий проникновения нарушителей на объекте информатизации по четырем барьерам защиты. Каждый тип нарушителя пересекает один барьер защиты. Выделение указанного перечня барьеров защиты объектов информатизации, содержащих коммерческую тайну, обусловлено требованием независимости этих барьеров. Независимость барьеров защиты аргументирована специализацией нарушителей в различных областях их деятельности.

Предложенный в работе вариант структуризации системы защиты объекта информатизации в виде совокупности барьеров защиты может быть использован в учебном процессе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шепитько Г.Е. Проблемы охранной безопасности объектов: Монография. 2-е изд. – М., 2010.
2. Шепитько Г.Е. Экономика защиты информации: Учеб. пособие. – М., 2011.

---

# СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

---

УДК 338.01

## ВСЕ «ЗА» И «ПРОТИВ» ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АУТСОРСИНГА В АРМИИ

Д.Е. Бабурин,  
Военный университет, г. Москва  
E-mail: DeBabur2012@yandex.ru

**Аннотация.** В раскрывается целесообразность передачи на аутсорсинг неосновных тыловых функций Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ). В связи с активным применением в ВС РФ аутсорсинга становится актуальной задача сравнения расходов до и после использования аутсорсинга в течение длительного времени, вплоть до окончания контракта с частными подрядчиками.

**Ключевые слова:** аутсорсинг, военная экономика, экономия, расчет экономического эффекта от применения аутсорсинга, сравнение расходов, опора на внутренние ресурсы, частные военные подрядчики, инсорсинг.

**Abstract.** In the article the feasibility of outsourcing non-core functions of the rear of the Armed Forces of the Russian Federation (Armed Forces). In connection with active use in the Armed Forces of outsourcing has become an urgent task of comparing costs before and after use of outsourcing for a long time, until the end of the contract with private contractors.

**Keywords:** outsourcing war economy, the economy, to calculate the economic effect of outsourcing cost comparison, the reliance on domestic resources, private military contractors, insourcing.

Выполнение гражданским персоналом функций Министерства обороны (далее МО) и его вооруженных сил (ВС) – новая парадигма в сфере военной экономики, которая получила развитие после окончания холодной войны.

Начиная с 2010 г. Министерство обороны Российской Федерации массово передало некоторые тыловые функции на аутсорсинг.

- К выгодам применения аутсорсинга в ВС можно отнести:
- освобождение внутренних ресурсов военной организации для реализации ее главных целей;

- повышение качества получаемых продуктов и услуг;
- использование исполнителем специализированного оборудования, специальных знаний и технологий, которые у воинской части отсутствуют;
- использование конкуренции на рынке исполнителей, когда имеется возможность заключить контракт на оказание услуг методом аутсорсинга с наиболее выгодными для военной организации условиями; разделение и частичная передача другой организации, с которой заключен контракт, рисков хозяйственной деятельности.

Наиболее распространенной формой реализации аутсорсинга в ВС РФ является передача воинскими частями сторонним коммерческим организациям выполнения следующих функций: организация питания личного состава; банно-прачечное обслуживание; хранение и освежение запасов материальных средств; выполнение внутригарнизонных перевозок воинских грузов и военнослужащих; обеспечение и заправка военной техники горюче-смазочными материалами; погрузочно-разгрузочные работы; хлебопечение; торгово-бытовое обслуживание; химическая чистка и ремонт обмундирования и обуви; эксплуатация зданий и сооружений; содержание и уборка территории и служебных помещений; вывоз мусора; охрана отдельных объектов воинской части; организация подписки на периодические издания, почтовых отправок и доставка периодических изданий [1]. Для выполнения этих функций в 2009 г. было создано ООО «Оборонсервис», которое активно принялось выполнять перечисленные задачи в интересах МО.

Вместе с тем в военно-научных кругах бытует мнение, что использование аутсорсинга в ВС РФ может сопровождаться рядом негативных явлений:

- уровень профессионализма сотрудников аутсорсинговой компании – аутсорсера (как исполнителя, так и его руководителя) может оказаться недостаточным для выполнения работ или оказания услуг на должном уровне;
- недостаточность у воинской части рычагов контролирующего, управляющего воздействия на организацию, поставляющую услуги, что может привести к снижению качества услуг и увеличению затрат;
- наличие рисков нарушения сохранности военного имущества, безопасности и утечки сведений конфиденциального характера, сведений, составляющих государственную тайну, вследствие предоставления права доступа сторонних организаций и их представителей на



территорию военных объектов, к документам, информации и материальным ценностям военных организаций;

- затрудненность, а зачастую невозможность использования данного способа оказания услуг вне места постоянной дислокации воинской части, в период учений, выходов кораблей в море, выполнения воинской частью учебно-боевых и боевых задач, а также в воинских частях, дислоцированных в отдаленных, малонаселенных местностях, где отсутствуют какие-либо гражданские структуры, с которыми можно было бы заключить соответствующие договоры;

- в некоторых случаях использование аутсорсинга обходится дороже, чем содержание внутреннего подразделения МО из-за не грамотного управления договорными обязательствами сторон, а также некачественного проведения экономической экспертизы;

- в большинстве случаев ожидаемая экономия от аутсорсинга не достигается из-за завышенных цен на предоставляемые услуги и не соответствие их принятым в МО нормативам выполняемых работ.

В этой сфере примечателен опыт применения аутсорсинга в развитых западных военных структурах.

Национальное аудиторское агентство Великобритании считает, что использование аутсорсинга может привести к образованию существенной экономии. В его оценке сказано, что «использование аутсорсинга повышает эффективность бюджетных расходов, так как конкуренция за получение государственного заказа, приводит к сокращению численности работников независимо от того, кто бы ни выиграл конкурс – подрядчик из государственного или частного сектора» [2].

Однако существует и другая точка зрения. Некоторые ведущие западные частные и военные юристы отмечают, что первоначальная краткосрочная экономия, полученная от использования аутсорсинга, быстро улетучивается. После ликвидации внутренних обеспечивающих подразделений ВС и их функций, подрядчики аутсорсинга стараются повысить договорную цену до срока окончания контракта или требуют пересмотра цен в сторону увеличения при перезаключении контрактов. Чаще всего МО не имея другого выбора, соглашается с ценами, предлагаемыми подрядчиком.

В 2008 г. Управление национальной разведки США сообщило, что содержание федерального служащего, включая не только расходы на выплату заработной платы, но и связанных с предоставлением ему всех положенных гарантий и компенсаций (выплата пенсии, медицинское стра-

хование и другие) обходилась федеральному бюджету в 125 тыс. долл., в то время как прямые расходы (без учета накладных расходов) на каждого сотрудника подрядчика (аутсорсера) составляли 207 тыс. долл.

В конце 2010 г. правительство США вновь стало возвращать выполнение функций МО собственным структурным подразделениям, которые ранее были переданы на аутсорсинг. В связи с этим руководство МО США все чаще отказывается от услуг частных подрядчиков, возвращаясь к их выполнению своими силами [2].

Если раньше западные сторонники использования аутсорсинга на протяжении многих лет утверждали, что частный сектор эффективнее государственного в достижении результатов в предоставлении услуг в военной сфере, то на практике становится очевидным, что у частного подрядчика при выполнении указанных задач на первом месте стоит получение прибыли за счет средств МО.

При этом необходимо отметить, что военные бюджеты всегда ограничены, в своей цели имеют основную направленность по перевооружению армии и находятся под контролем правительства и общественности.

Возврат функций ранее переданным аутсорсерам внутренним подразделениям, получил название инсорсинг. Инсорсинг предполагает возможность возвращения функций от аутсорсеров к собственным подразделениям МО в случаях существенных нарушений условий контракта, например, таких как необоснованное увеличение договорной цены или низкое качество работ, услуг. В общем понимании инсорсинг является экономическим рычагом МО, который заставляет частных подрядчиков добросовестно выполнять условия контракта.

Из оценок Конгресса США за 2009 г. следует, что каждый гражданский работник, нанятый военными, обходится МО США в 250 тыс. долл. в год, что на 44 тыс. долл. дешевле, чем содержание одного военнослужащего в зоне боевых действий за это же время. Однако, американские эксперты считают, что на практике в условиях работы в зонах военных действий, гражданским лицам выплачивается повышенная заработная плата, учитывающая существующие риски и оказывающаяся значительно выше, чем выплаты военным. Например, американские гражданские водители грузовиков аутсорсера, перевозящих грузы в зоне военных действий, зарабатывают в три раза больше аналогичного военного водителя.

По состоянию на 1 сентября 2010 г. 242000 гражданских лиц, нанятых аутсорсерами, обеспечивали 280000 военнослужащих в двух локальных конфликтах. По данным, содержащимся в исследованиях, про-

веденных по указанию Конгресса США, в Афганистане численность гражданского персонала аутсорсеров больше численности военнослужащих на 40000 человек [5].

Учитывая общие негативные последствия аутсорсинга, некоторые военные экономисты в США и Великобритании заявляют об ограниченном или смешанном его применении в МО.

Теоретически использование аутсорсинга может иметь большое значение для повышения боеготовности подразделений ВС и эффективного использования бюджетных средств, однако использование аутсорсеров не представляет собой панацею в предоставлении гарантий экономии военного бюджета.

По нашему мнению, МО РФ, не имея опыта использования аутсорсинга, отсутствия нормативной и законодательной базы правового регулирования, до конца, не осознает последствия передачи своих функций на аутсорсинг частному подрядчику. При принятии МО РФ решения о передаче на аутсорсинг ряда функций в полной мере не учитывалось возможное увеличение стоимости заключаемых контрактов, не спрогнозированы риски, оказывающие влияние на боеготовность подразделений, а также возможные материальные потери, связанные с исполнением договора аутсорсинга, и особенности ответственности сторон при нарушении условий договора.

Анализируя современную практику применения аутсорсинга по договорам между МО РФ и частными подрядчиками, выявляется ситуация, аналогичная опыту применения аутсорсинга в МО США, а именно, расходы по договорам (дополнительным соглашениям) аутсорсинга оказались выше первоначально планируемых, что говорит о неспособности руководства МО РФ должным образом управлять контрактами, заключенными с подрядными организациями.

Для скорейшего устранения пробелов в понимании необходимости применения аутсорсинга в сфере безопасности страны, снижения возможных негативных явлений при его применении должен быть проведен ряд мероприятий, к которым можно отнести:

- создание независимой службы контроля аутсорсинга в ВС;
- уточнение и разработка руководящих нормативных и правовых актов, регулирующих аутсорсинг в ВС;
- разработка и издание инструкций, методических рекомендаций, памяток командирам, должностным лицам тыловых служб, подразделений юридической, финансовой служб по регламенту взаимодействия в условиях мирного и военного времени.

Непродуманное использование аутсорсинга в МО может к неэкономному использованию денежных средств, лоббированию интересов фирм, выполняющих услуги в интересах МО, подкупа командиров и других должностных лиц воинских подразделений частным подрядчиком, что приведет к развитию коррупционной составляющей, образованию преступного сговора между участниками указанных отношений, потере контроля над переданной на аутсорсинг функцией, другим негативным последствиям.

Наиболее эффективный инструмент для снижения негативных последствий, связанных с использованием в МО аутсорсинга, является *инсорсинг*.

Практика использования аутсорсинга далеко ушла от теоретических разработок дисциплины «военная экономика», из которой выделяется новое научное направление «экономика военного аутсорсинга», которую необходимо преподавать во всех высших военных заведениях. Это актуализирует потребность использования в разработке планов реформирования ВС РФ научного потенциала военно-экономической науки, участия в ней соответствующих специалистов в сфере управления военными финансами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ещенко И.А. Договор аутсорсинга в гражданском праве: Автореф. дис. ... канд. юрид. наук. – М., 2009.
2. Уинслоу Уиллер «Химерные экономии аутсорсинга». [http://www.cdi.org/program/document.cfm.DocumentID=4621&from\\_page=./index.cfm&rule](http://www.cdi.org/program/document.cfm.DocumentID=4621&from_page=./index.cfm&rule).
3. Кевин П., Терли Л. Возвращение функций МО из частного сектора, для выполнения внутренними подразделениями. [http://www.cdi.org/program/document.cfm.DocumentID=4621&from\\_page=./index.cfm&rule](http://www.cdi.org/program/document.cfm.DocumentID=4621&from_page=./index.cfm&rule).
4. Айзенберг Д. Химерная экономия средств за счет аутсорсинга [www.huffingtonpost.com/david.../the-chimerical-cost-savin\\_b\\_690673.htm](http://www.huffingtonpost.com/david.../the-chimerical-cost-savin_b_690673.htm)...
5. Экономист 4.01.2010. Стоимость военного аутсорсинга <http://www.oprapers.com/subjects/military-outsourcing-page11.html>.
6. Министерство обороны США. Конкурентоспособный аутсорсинг: Экономия образуется, но необходимо улучшить точность расчета экономии. GAO/NSIAD-00-10. 7 августа 2000 г.

УДК 004.738

## О НОВЫХ ФОРМАХ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОТЕСТА И АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПРАВОСУДИЯ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА

*В.М. Шаповалов,  
Центральный региональный центр МЧС России, г. Москва  
E-mail: prus.yurii@gmail.com*

*Ю.В. Прус,  
д-р физ.-мат. наук,  
Академия государственной  
противопожарной службы МЧС России, г. Москва  
E-mail: prus.yurii@gmail.com*

**Аннотация.** В статье обсуждаются перспективы развития специфических для открытого информационного общества форм реализации выражения общественного протеста и возможность возникновения в социальных сетях альтернативного правосудия.

**Ключевые слова:** социальные сети, общественный протест, альтернативное правосудие.

**Abstract.** Prospects of development of forms of realization of expression of the public protest specific to an open information society and occurrence possibility in social networks of alternative justice are discussed.

**Keywords:** social networks, public protest, alternative justice.

Потребность в справедливости является одной из основ человеческого бытия, как каждой отдельной личности, так и общества в целом. Главной причиной крушения государств еще в древности считалось отступление от принципов справедливости в государственном устройстве [1]. Усиление противоречия между естественной потребностью в справедливости и возможностью осуществления этой потребности широкими слоями населения, регулярные столкновения с несправедливостью, обида и разочарование государственными институтами, призванными обеспечить законность, приводит к стихийным проявлениям энергии недовольства.

В условиях глобального открытого информационного общества следует ожидать специфических форм выражения и реализации обще-

ственного протеста. В частности, на современном уровне развития единого информационного социального пространства становится возможным появление и развитие различных форм альтернативного правосудия, как тайного, так и открытого, параллельного формальному государственному правосудию.

На наш взгляд, государственным правоохранительным структурам необходимо принять во внимание наметившиеся тенденции и в ближайшей перспективе выработать конструктивную политику взаимоотношений с интернет-сообществами, объединяющими взаимодействующих в социальных сетях представителей политически активной прослойки общества.

Один из ярких примеров представляет автомобильное сообщество «синих ведерок», создавшее сайт, на который принимаются фото и видеозаписи с комментариями свидетелей о нарушении правил дорожного движения машинами со специальными сигналами. Эти материалы направляются в прокуратуру, и затем на сайте отслеживается результат соответствующего действия, либо бездействия. Широкую известность получил проект «РосПил» Алексея Навального, собирающего информацию о коррупционных государственных закупках в России. В феврале 2011 г. Навальный объявил о начале сбора денег для финансирования проекта и в течение нескольких недель после начала сбора средств на «Яндекс-кошелек» было перечислено почти 4,5 млн руб. Еще один пример – проект «Облачная демократия» из Екатеринбурга Леонида Волкова и Федора Крашенинникова, а также деятельность «Фонда электронной демократии» [4].

В ближайшее время прогнозируется возникновение и развитие новых информационных инструментов и форм борьбы граждан за свои права, например, появление в социальных сетях виртуальных народных судов различного уровня: сотрудников предприятия (профсоюзного), муниципального, регионального и т.д. Посетители таких сетей выкладывают в общественный доступ информацию о нарушениях справедливости и выбирают темы для дальнейшей разработки, а модераторы организуют сбор дополнительной информации, позволяющей привлечь нарушителя к суду. Если система государственного правосудия не принимает соответствующих мер, в интерактивном режиме проводится народный суд. Прямым большинством принимается решение и осуществляется виртуальное преследование правонарушителя, например, фиксируются и публикуются в сети все правонарушения, пере-

движения и контакты коррупционера, что серьезно осложнит ему возможность осуществления правонарушений (информационный аналог средневекового клейма). Дальнейшее развитие виртуальных народных судов может привести к созданию интернет-сообществом фондов поддержки исполнителей. Алгоритм может быть таким: постановка проблемы, проведение следственных мероприятий инициативной группой, подготовка обвинений и защиты, привлечение экспертов или экспертных организаций, совместная разработка решений, их принятие общим голосованием, сбор необходимых для реализации принятых решений средств, наем исполнительных структур на конкурсной основе, отчет исполнителей о проделанной работе.

Как могут реагировать государственные органы на подобную инициативу? Если существует возможность решить проблему ненасильственным путем в рамках правового поля, то целесообразно именно так ее и решать. Но путь, по которому, к сожалению, идут в настоящее время сотрудники государственных структур, по причине неспособности или нежелания организовать конструктивный диалог, заключается в мерах по ограничению свободы доступа к Интернету либо преследования пользователей в связи с ее реализацией. Типичны угрозы уголовного преследования блоггеров «за клевету», «оскорбление», «экстремизм» и т.п., предъявление чиновниками исков о защите чести и достоинства, прокурорские предостережения. Мишенями становятся форумы, социальные сети, ЖЖ и Twitter. Владельцы сайтов сталкиваются с закрытием принадлежащих им ресурсов, а также с кибератаками, претензиями Роскомнадзора, ограничениями доступа провайдером. Известна история об утечке личных данных сделавших пожертвования в пользу «РосПила» пользователей «Яндекс-Денег». Ничего противоправного в движениях по личным счетам законопослушных граждан нет, однако неустановленные представители спецслужб звонили по телефонамплательщиков и задавали вопросы о переводах денег. В результате таких звонков пользователи переходят к иным платежным системам, которые не только декларируют сохранность персональных данных, но и реально выполняют взятые на себя обязательства по соблюдению конфиденциальности.

Эскалация конфликта ведет ко все более изощренным и решительным действиям с каждой из сторон, например, создаются зеркала сайтов. Технически возможно создание так называемых «теневых сетей», которые продолжают работать даже в случае отключения Интернета. В

качестве примера можно привести независимую сотовую сеть, развернутую на территории Афганистана [5]. Возможно информационное объединение инициативных граждан в агрессивные сообщества, которые снимают вызванное общественной несправедливостью напряжение посредством совершения актов насилия и вандализма, вплоть до организации акций индивидуального террора.

Задача государства – не допускать дальнейшего развития конфликта и вступать в конструктивный диалог с интернет-сообществами, что способствует восстановлению утраченного значительной частью общества доверия к государственным органам. Удовлетворение общественной потребности в справедливости необходимо институализировать, чтобы направить энергию недовольства в цивилизованную оценку событий и выражение позиции общества, которая должна учитываться органами государственной власти для принятия соответствующих мер по обеспечению правопорядка, защите прав и свобод граждан.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аристотель. Большая этика. Соч. в 4 т., Т. 4. – М., 1983.
2. Гекертон Ч. У. Тайные общества всех веков и всех стран. – Ташкент, 1994.
3. Иншаков С.М. Зарубежная криминология. – М., 1997.
4. <http://finam.fm/archive-view/4252/> «Облачная демократия».
5. <http://digest.subscribe.ru/inet/worldnews/n590331981.html> «Теневой Интернет» от Госдепа США.
6. <http://digest.subscribe.ru/inet/review/n471779908.html> «Темная территория».

**ТРЕБОВАНИЯ И УСЛОВИЯ  
ПУБЛИКАЦИИ МАТЕРИАЛОВ,  
поступающих в редакцию журнала  
«Вестник Московского финансово-юридического  
университета МФЮА»**

1. Авторский материал (рукопись статьи), предлагаемый к публикации в журнале «Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА», должен тематически соответствовать профилю журнала. В журнале публикуются только оригинальные работы, ранее не опубликованные в других печатных изданиях. Автор отвечает за достоверность сведений, точность цитирования и ссылок на официальные документы и другие источники.

2. Авторы присылают статьи по электронной почте по адресу: [vestnik@mflua.ru](mailto:vestnik@mflua.ru).

3. Редакция в обязательном порядке осуществляет рецензирование, необходимое научное и стилистическое редактирование материалов, публикуемых в журнале, в соответствии с требованиями ВАК к изданию научной литературы. Статьи публикуются только после получения положительной рецензии. Рецензент назначается главным редактором или его заместителем из состава Экспертного совета редакции журнала. Рецензирование является для автора анонимным.

4. Редакция оставляет за собой право не рассматривать статьи, не соответствующие требованиям, предъявляемым к оформлению материала.

5. Сроки публикации определяются по мере комплектования журнала.

6. Статьи, подготовленные студентами, магистрами, аспирантами, принимаются при наличии письменной рекомендации научного руководителя или заведующего кафедрой.

7. Публикация рукописей студентов, магистров, преподавателей МФЮА осуществляется на бесплатной основе.

8. Публикация рукописей аспирантов осуществляется журналом исключительно на бесплатной основе.

9. Требования к оформлению статей для публикации в журнале «Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА»:

■ объем статьи – до 20 страниц машинописного (компьютерного) текста формата А4.

■ электронный вариант статьи: шрифт Times New Roman, размер – 14 пт; абзац-отступ – 1,25 см, междустрочный интервал – полуторный, все поля – 2,5 см, выравнивание по ширине без переносов. Допускается использование шрифта меньшего размера (12 пт) для участков текста, имеющих второстепенное (вспомогательное) значение. Размер шрифта табличного текста обычно на 2 пункта меньше размера шрифта основного текста.

10. В тексте перед началом статьи указываются:

- УДК (индекс Универсальной десятичной классификации)
- Инициалы, фамилия автора
- Сведения об авторе: ученая степень, место работы
- Заглавие статьи
- Аннотация (объем до 8 строк)
- Ключевые слова на русском языке (до 10 слов)
- Инициалы, фамилия, автора, заголовок статьи, аннотация и ключевые слова на английском языке

11. В конце статьи приводится библиографический список литературы (обозначается словом «Литература»), оформленный в соответствии с ГОСТ 7.1 – 2003. Ссылки на цитируемые издания даются по тексту статьи в квадратных скобках с указанием номера источника в списке литературы и цитируемых страниц [5, с. 18]. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Список должен включать все работы, цитируемые в тексте статьи.

12. Сведения об авторах помещаются на отдельном листе и включают в себя следующую информацию: фамилия, имя, отчество автора полностью, ученая степень, место работы, контактный телефон, e-mail.

13. Научная (практическая) статья должна включать:

- вводную часть, где автором обосновывается актуальность темы и целесообразность ее разработки, определяются цель и задачи исследования;
- основную часть, где автор на основе анализа и синтеза информации раскрывает процессы исследования проблемы и разработки темы, приводит основные результаты исследования;
- заключительную часть, в которой автор формулирует выводы, дает рекомендации, указывает возможные направления дальнейших исследований.

*Одобрено на заседании Редакционной коллегии  
журнала 27 сентября 2011 г.*

**ВЕСТНИК  
Московского финансово-юридического  
университета МФЮА**

**№ 1/2012**

**ИЗДАНИЕ ПОДГОТОВИЛИ:**

**Литературный редактор, корректор**  
И.М. Башлай

**Компьютерная верстка**  
М.В. Потапова

**Дизайн обложки**  
Г.Ю. Светланов

Сдано в набор 11.01.2012. Подписано в печать 10.03.2012.  
Формат 60x90 1/16. Гарнитура Times New Roman.  
Печать офсетная. Уч.-изд. л 15. Печ. л. 15.  
Тираж 250 экз. Заказ

Отпечатано в типографии ФГУП «Типография» Россельхозакадемии.  
115598, г. Москва, ул. Ягодная, д. 12.  
Телефон (495) 329-52-00, 329-45-11, факс 329-45-00

Стоимость подписки на журнал указана в каталогах  
Агентства «Роспечать»

ф. СП-1

**АБОНЕМЕНТ** на ~~газету~~ журнал **66053**  
(индекс издания)

Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА  
(наименование издания)      Количество комплектов: \_\_\_\_\_

на 20 12 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
						X	X	X	X	X	X

**Куда** \_\_\_\_\_  
(почтовый индекс)      (адрес)

**Кому** \_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы)

---

**ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА**

\_\_\_\_\_ на ~~газету~~ журнал **66053**  
(индекс издания)

ПВ место литер

Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА  
(наименование издания)

Стои- мость	подписки	900 руб. 00 коп.	Количество комплектов
	переадресовки	_____ руб. _____ коп.	

на 20 12 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
						X	X	X	X	X	X

**Куда** \_\_\_\_\_  
(почтовый индекс)      (адрес)

**Кому** \_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы)

Стоимость подписки на журнал «Вестник Московского финансово-юридического университета МФЮА» составляет:  
– на 3 месяца – 450 руб.,  
– на 6 месяцев – 900 руб.



**ПРОВЕРЬТЕ ПРАВИЛЬНОСТЬ  
ОФОРМЛЕНИЯ АБОНЕМЕНТА!**

**На абонемента должен быть проставлен оттиск кассовой машины.**

**При оформлении подписки (переадресовки)  
без кассовой машины на абонемента проставляется оттиск  
календарного штампа отделения связи.**

**В этом случае абонемент выдается подписчику с квитанцией  
об оплате стоимости подписки (переадресовки).**

---

**Для оформления подписки на газету или журнал,  
а также для переадресования издания бланк абонемента  
с доставочной карточкой заполняется подписчиком чернилами,  
разборчиво, без сокращений, в соответствии с условиями,  
изложенными в подписных каталогах.**

**Заполнение месячных клеток при переадресовании  
издания, а также клетки «ПВ-МЕСТО» производится  
работниками предприятий связи и подписных агентств.**